

EP03/12327

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 26 NOV 2003	
WIPO	PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 102 53 325.3

Anmeldetag: 14. November 2002

Anmelder/Inhaber: Merck Patent GmbH,
Darmstadt/DE

Bezeichnung: Elektrooptisches Lichtsteuerelement,
elektrooptische Anzeige und Steuermedium

IPC: G 02 F, H 04 N

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 26. Juni 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Hoiß

**Merck Patent Gesellschaft
mit beschränkter Haftung
64271 Darmstadt**

**Elektrooptisches Lichtsteuerelement,
elektrooptische Anzeige und Steuermedium**

Elektrooptisches Lichtsteuerelement, Anzeige und Steuermedium

Gebiet der Erfindung

5 Die vorliegende Erfindung betrifft Lichtsteuerelemente, diese enthaltende Anzeigen, sowie Lichtsteuermedien. Die Lichtsteuerelemente verwenden bevorzugt Steuermedien die bei bestimmten Temperaturen anisotrope Eigenschaften aufweisen, wie z. B. Flüssigkristalle. Die Lichtsteuerelemente werden bei einer Temperatur betrieben, bei der die Steuermedien in der isotropen Phase vorliegen. Derartige Anzeigen sind in den
10 bislang unveröffentlichten Patentanmeldungen DE 102 17 273.0 vom 18.04.2002 und DE 102 41 301.0 vom 04.09.2002, zwei weiteren Anmeldungen der Anmelderin der vorliegenden Anmeldung, beschrieben.

15 Die vorliegende Erfindung betrifft ein elektrooptisches Lichtsteuerelement sowie solche Elemente enthaltende elektrooptische Anzeigen und Anzeigesysteme wie beispielsweise Fernsehbildschirme und Computermonitore, sowie die in den Lichtsteuerelementen verwendeten Steuermedien. Die erfindungsgemäßen Lichtsteuerelemente enthalten ein
20 mesogenes Steuermedium, das beim Betrieb der Lichtsteuerelemente in der isotropen Phase vorliegt. Sie sind neben einem guten Kontrast und einer geringen Blickwinkelabhängigkeit des Kontrasts besonders durch sehr kurze Schaltzeiten bei gleichzeitig niedriger Betriebsspannung ausgezeichnet.

Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung mesogene Medien und deren Verwendung als Steuermedien in derartigen Lichtsteuerelementen.

Aufgabe und Stand der Technik

30 Konventionelle elektrooptischen Flüssigkristallanzeigen sind allgemein bekannt. Sie werden bei einer Temperatur betrieben, bei der sich das Steuermedium in einer Mesophase befindet. Bei den meisten Anzeigetypen werden die Steuermedien in der nematischen Phase
35 verwendet. In der Mesophase haben die Steuermedien bereits anisotrope Eigenschaften, wie zum Beispiel eine Doppelbrechung (Δn). Diese wird

nicht erst durch ein elektrisches Feld induziert. Am weitesten verbreitet sind TN- (Englisch: „twisted nematic“) und STN- (Englisch: „super twisted nematic“) Anzeigen. Die Flüssigkristallzellen dieser Anzeigen haben Elektroden auf den Substraten auf den beiden einander gegenüberliegenden Seiten des Flüssigkristallmediums. Somit ist das elektrische Feld im wesentlichen vertikal zur Flüssigkristallschicht. Insbesondere die zuerst genannten Anzeigen werden in Kombination mit einer TFT (Englisch: „thin film transistor“) Ansteuerung für Anzeigen mit großem Informationsgehalt und großer Auflösung verwendet. So zum Beispiel in „lap-top“ und „note-book“ Computern. Insbesondere bei „desk-top“ Computermonitoren werden in neuerer Zeit zunehmend Flüssigkristallanzeigen des IPS- (Englisch: „in-plane switching“, z. B. DE 40 00 451 und EP 0 588 568) oder alternativ des VAN- (Englisch: „vertically aligned nematic“) Typs verwendet. VAN-Anzeigen sind eine Variante der ECB- (Englisch: „electrically controlled birefringence“) Anzeigen. In einer modernen Variante den MVA-Anzeigen (Englisch: „multi domain vertically aligned“) werden pro angesteuerter Elektrode mehrere Domänen stabilisiert und zusätzlich wird eine spezielle optische Kompensationsschicht verwendet. Diese Anzeigen verwenden, wie die bereits erwähnten TN-Anzeigen, ein zur Flüssigkristallschicht vertikales elektrisches Feld. Im Gegensatz hierzu verwenden IPS-Anzeigen in der Regel Elektroden auf nur einem Substrat, also an einer Seite der Flüssigkristallschicht, sind also durch eine wesentliche Komponente des elektrischen Felds parallel zur Flüssigkristallschicht gekennzeichnet.

Allen diesen konventionellen Anzeigen ist ein relativ langsames Schalten gemein, insbesondere ist dieses für die immer stärkere Verbreitung findenden TV- und Multi-Media-Anwendungen nicht ausreichend. Dieses fällt insbesondere im Vergleich mit den nahezu ubiquitären Kathodenstrahlröhren auf. Ein weiterer Nachteil der bekannten, in Flüssigkristallanzeigen eingesetzten elektro-optischen Effekte ist die deutliche Blickwinkelabhängigkeit des erzielten Kontrasts. Diese ist in den meisten Fällen so groß, daß für Anzeigen im Direktsichtbetrieb Kompensationsschichten, typischerweise anisotrope Filme, mit zum Teil kompliziertem Aufbau, verwendet werden müssen.

In der unveröffentlichten Anmeldung DE 102 17 273.0 werden Lichtsteuerelemente beschrieben, bei denen das mesogene Steuermedium bei der Betriebstemperatur in der isotropen Phase vorliegt. Diese Lichtsteuerelemente schalten besonders schnell und haben eine gute Blickwinkelabhängigkeit des Kontrasts. Allerdings sind die Ansteuerspannungen für viele Anwendungen zu hoch. Somit besteht der Bedarf nach verbesserten Lichtsteuerelementen insbesondere mit verringerter Ansteuerspannung.

In der ebenfalls unveröffentlichten Anmeldung DE 102 41 301.0 werden spezielle Elektrodenstrukturen vorgeschlagen, die zur einer signifikanten Verringerung der Betriebsspannungen führen. Allerdings bedingen diese Elektrodenstrukturen einen deutlich größeren Aufwand bei der Herstellung der Lichtsteuerelemente.

Eine Verringerung der zur Ansteuerung der elektrooptischen Schaltelemente benötigten Spannungen durch entsprechend optimierte Steuermedien erfordert jedoch, im Gegensatz zu den in DE 102 41 301.0 vorgeschlagenen Elektrodenstrukturen, keinen größeren Aufwand bei der Herstellung der Lichtsteuerelemente.

Der vorliegenden Erfindung lag somit die Aufgabe zugrunde, besonders schnell schaltende Lichtsteuerelemente mit guter Blickwinkelabhängigkeit und insbesondere mit niedrigen Ansteuerspannungen und einer geringen Temperaturabhängigkeit der Ansteuerspannung zu realisieren und die dafür nötigen Steuermedien bereitzustellen. Diese Lichtsteuerelemente sollen eine möglichst geringe Schichtdicke der Steuermedien aufweisen um als Elemente von FPDs (Englisch: flat panel displays, also flachen Anzeigen), wie zum Beispiel Flachbildschirmen für Computer, eingesetzt werden zu können. Ferner sollen sie mittels einer möglichst einfachen Elektrodenkonfiguration ansteuerbar sein und eine niedrige Betriebsspannung aufweisen. Darüber hinaus sollen sie für die Anwendung in elektrooptischen Anzeigen einen guten Kontrast mit einer geringen Blickwinkelabhängigkeit haben.

Vorliegende Erfindung

Überraschender Weise wurde gefunden, dass, wie im Folgenden beschrieben, Lichtsteuerelemente die, wie die in der unveröffentlichten
5 Anmeldung DE 10217273.0 beschriebenen Lichtsteuerelemente, Steuermedien in der isotropen Phase verwenden, deutlich verbessert werden können und, dass insbesondere Lichtsteuerelemente mit deutlich verringerten charakteristischen Spannungen realisiert werden können.

10 Die elektrooptischen Lichtsteuerelemente gemäß der vorliegenden Erfindung umfassen

- ein Substrat oder mehrere Substrate,
- eine Elektrodenanordnung,
- mindestens ein Element oder mehrere Elemente zur
15 Polarisation des Lichts und
- ein Steuermedium,

und sind dadurch gekennzeichnet, dass

- das Lichtsteuerelement bei einer Temperatur betrieben wird, bei der das Steuermedium im nicht angesteuerten Zustand in der
20 isotropen Phase vorliegt und dass
- die Elektrodenanordnung ein elektrisches Feld mit einer signifikanten Komponente parallel zur Fläche des mesogenen Steuermediums erzeugen kann und dass
- das mesogene Steuermedium die folgende Bedingung (a) und mindestens eine der folgenden Bedingungen (b) und (c) und im Fall, dass es nur die Bedingung (c) erfüllt, mindestens eine der beiden weiteren folgenden Bedingungen (e) und (f) erfüllt
- (a) die dielektrische Suszeptibilität des Steuermediums bei
30 einer Temperatur von 4 Grad oberhalb des Klärpunkts beträgt 25 oder mehr,
- (b) die Klärenthalpie des Steuermediums beträgt 0,78 J/g oder weniger oder
- (c) die Klärenthalpie des Steuermediums beträgt 1,50 J/g oder weniger und
- (d) die dielektrische Suszeptibilität des
35 Steuermediums bei einer Temperatur von 4 Grad

oberhalb des Klärpunkts beträgt 27 oder mehr, mit der Maßgabe, dass Lichtsteuerelemente enthaltend Steuermedien, die 8%, 10% oder 12% der Verbindung UVZG-3-N enthalten ausgeschlossen sind oder

(e) die dielektrische Suszeptibilität des Steuermediums bei einer Temperatur von 4 Grad oberhalb des Klärpunkts beträgt 35,5 oder der mehr, mit der Maßgabe, dass Lichtsteuerelemente enthaltend Steuermedien mit einer der beiden folgenden Zusammensetzungen 1 und 2, der Vergleichsbeispiele 3 und 4

Zusammensetzung 1			Zusammensetzung 2		
Verbindung		Konz. / %	Verbindung		Konz. / %
#	Abkürzung		#	Abkürzung	
1	UZU-3A-N	12,0	1	UM-3-N	10,0
2	UZU-5A-N	12,0	2	PYP-3N.F.F	15,0
3	GZU-3A-N	12,0	3	UZU-3A-N	12,0
4	GZU-4A-N	11,0	4	GZU-3A-N	12,0
5	GZU-4O-N	10,0	5	GZU-4-N	1,0
6	UVZG-3-N	10,0	6	GZU-4O-N	10,0
7	CUZU-2-N	10,0	7	UVZG-3-N	10,0
8	CUZU-3-N	10,0	8	CUZU-2-N	10,0
9	CUZU-4-N	10,0	9	CUZU-3-N	10,0
10	HP-5N.F	3,0	10	HP-3N.F	10,0

ausgeschlossen sind,

worin die Abkürzungen für die Verbindungen die unten gegebene Bedeutung haben.

Bevorzugt beträgt die optische Anisotropie des Steuermediums bei einer Temperatur von 4 Grad unterhalb des Klärpunkts 0,080 oder mehr.

Bevorzugt hat das Steuermedium einen Klärpunkt im Bereich von -30°C bis 80°C , bevorzugt bis 55°C .

5 Neben der niedrigen Ansteuerspannung ist insbesondere der Kontrast dieser Anzeigen und seine Blickwinkelabhängigkeit hervorragend und die Schaltzeiten sind sehr kurz.

Im Folgenden wird die vorliegende Erfindung näher erläutert.

10 Bevorzugt wird als Steuermedium des Lichtsteuerelements ein mesogenes Medium verwendet. Als mesogene Medien werden in der vorliegenden Anmeldung Medien bezeichnet, die eine Mesophase aufweisen, die in einer Mesophase löslich sind oder eine Mesophase induzieren. Die Mesophase ist eine smektische oder eine nematische Phase, bevorzugt
15 eine nematische Phase.

Als bevorzugtes Medium zur Untersuchung der mesogenen Eigenschaften der Materialien die keine Mesophase aufweisen wird die nematische Mischung ZLI-4792 der Merck KGaA, Darmstadt, Deutschland verwendet.
20 Bevorzugt haben die mesogenen Materialien einen aus 10%-iger Lösung in dieser Mischung extrapolierten Klärpunkt von -100°C oder mehr, besonders bevorzugt von -50°C oder mehr und ganz besonders bevorzugt von -20°C oder mehr.

Die erfindungsgemäßen Lichtsteuerelemente enthalten bevorzugt ein mesogenes Medium, das bei Betriebstemperatur in der isotropen Phase vorliegt. Dieses Medium befindet sich zweckmäßiger Weise auf bzw. unter einem Substrat.

30 In der Regel befindet sich das Steuermedium zwischen zwei Substraten. Diese Ausführungsform ist bevorzugt. Wenn sich das Steuermedium zwischen zwei Substraten befindet ist mindestens eines dieser Substrate lichtdurchlässig. Das lichtdurchlässige Substrat, bzw. die lichtdurchlässigen Substrate können z. B. aus Glas, Quarz oder Kunststoff
35 bestehen. Wird ein Substrat verwendet, das nicht lichtdurchlässig ist, so kann dies unter anderem aus einem Metall oder einem Halbleiter

bestehen. Diese Medien können als solche verwendet werden oder auf einem Träger, z.B. einer Keramik, vorliegen. Ist das Steuermedium ein polymeres Medium so kann gegebenenfalls auf die Verwendung eines zweiten Substrats verzichtet werden. Polymere Steuermedium können sogar selbsttragend ausgeführt werden. In diesem Fall wird gar kein Substrat benötigt.

Die Betriebstemperatur des Lichtsteuerelements liegt bevorzugt oberhalb der Übergangstemperatur des Steuermediums zur isotropen Phase, in der Regel im Bereich von $0,1^\circ$ bis 50° oberhalb dieser Übergangstemperatur, bevorzugt im Bereich von $0,1^\circ$ bis 10° oberhalb dieser Übergangstemperatur und besonders bevorzugt im Bereich von $0,1^\circ$ bis 5° oberhalb dieser Übergangstemperatur.

Bei Anlegen einer Spannung wird in dem mesogenen Medium in der isotropen Phase eine Orientierung induziert welche zu einer optischen Verzögerung führt, die auf bekannte Weise visualisiert werden kann. Bevorzugt wird ein inhomogenes elektrisches Feld angewendet.

Die erfindungsgemäßen Lichtsteuerelemente enthalten mindestens ein Element zur Polarisierung des Lichts. Zusätzlich enthalten sie bevorzugt ein weiteres optisches Element. Dieses weitere optische Element ist entweder ein zweites Element zur Polarisaton des Lichts, ein Reflektor oder ein Transfektor.

Die optischen Elemente sind so angeordnet, dass das Licht beim Durchgang durch das mesogene Medium des Lichtsteuerelements sowohl vor dem Eintritt in das mesogene Medium, als auch nach dem Austritt aus dem mesogenen Medium mindestens einmal mindestens ein polarisierendes Element durchläuft.

In einer bevorzugten Ausführungsform des Lichtsteuerelements gemäß der vorliegenden Erfindung befindet sich das mesogene Medium zwischen zwei Polarisatoren, also einem Polarisator und einem Analysator. Bevorzugt werden zwei Linearpolarisatoren verwendet. In dieser Aus-

föhrungsform sind die Absorptionsachsen der Polarisatoren bevorzugt gekreuzt und bilden bevorzugt einen Winkel von 90°.

5 Optional enthält das erfindungsgemäße Lichtsteuerelement eine oder mehrere doppelbrechende Schichten. Bevorzugt enthält es eine $\lambda/4$ -Schicht oder mehrere $\lambda/4$ -Schichten, bevorzugt eine $\lambda/4$ -Schicht. Die optische Verzögerung der $\lambda/4$ -Schicht beträgt bevorzugt ca. 140 nm.

10 Die Schichtdicke (d) des mesogenen Steuermediums beträgt bevorzugt 0,1 μm bis 5.000 μm (i.e. 5 mm), besonders bevorzugt 0,5 μm bis 1.000 μm (i.e. 1 mm), besonders bevorzugt 1,0 μm bis 100 μm und ganz besonders bevorzugt 3,0 μm bis 30 μm und insbesondere 3,5 μm bis 20 μm . In einer bevorzugten Ausführungsform beträgt die Schichtdicke des mesogenen Steuermediums bevorzugt 0,5 μm bis 50 μm , besonders
15 bevorzugt 1,0 μm bis 20 μm und ganz besonders bevorzugt 1,0 μm bis 8,0 μm .

Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind auch elektrooptische Anzeigen, die ein oder mehrere erfindungsgemäße Lichtsteuerelemente
20 enthalten. Bevorzugt werden diese elektrooptischen Anzeigen mittels einer aktiven Matrix angesteuert.

Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind des weiteren elektrooptische Anzeigesysteme enthaltend eine oder mehrere erfindungsgemäße elektrooptische Anzeigen. Diese elektrooptische Anzeigesysteme werden bevorzugt zur Darstellung von Information, unter anderem, bevorzugt als Fernsehbildschirm oder als Computermonitor verwendet. Bei der darzustellenden Information handelt es sich bevorzugt um digitale Signale oder um Videosignale.

30 Das erfindungsgemäße Lichtsteuerelement kann zusätzlich ein oder mehrere weitere übliche optische Elemente wie doppelbrechende Schichten (z.B. Kompensationsschichten), Diffusorschichten, und Elemente zur Erhöhung der Helligkeit und/oder der Lichtausbeute und/oder der Blickwinkelabhängigkeit enthalten, wobei diese Aufzählung
35 nicht abschließend ist.

Die erfindungsgemäßen Lichtsteuerelemente sind durch einen guten Kontrast gekennzeichnet, der stark und nahezu überwiegend von den Eigenschaften der verwendeten Polarisatoren abhängt. Zum Vergleich mit herkömmlichen TN-Zellen werden hier TN-Zellen mit einer optischen Verzögerung von $0,50\text{ }\mu\text{m}$, positivem Kontrast und der Absorptionsachse der Polarisatoren senkrecht zu der Vorzugsorientierung der nematischen Flüssigkristalle am benachbarten Substrat, die nicht chirale Flüssigkristalle enthalten, herangezogen. Werden bei den erfindungsgemäßen Lichtsteuerelementen und bei diesen herkömmlichen TN-Zellen die gleichen Polarisatoren verwendet, ist der Kontrast der erfindungsgemäßen Lichtsteuerelemente um 40% oder mehr größer als der der TN-Zellen.

Die Blickwinkelabhängigkeit des Kontrasts der erfindungsgemäßen Lichtsteuerelemente ist sehr gut. Sie ist deutlich besser als die der bekannten ECB-Zellen. Sie ist eher vergleichbar mit der bei den kommerziell verfügbaren IPS-Anzeigen (z.B. von Hitachi und NEC, beide Japan) und MVA-Anzeigen (z.B. von Fujitsu, Japan) beobachteten Blickwinkelabhängigkeit. Sie ist viel geringer als die der konventionellen TN-Anzeigen. So schließt eine Isokontrastkurve eines gegebenen Kontrastverhältnisses bei den erfindungsgemäßen Lichtsteuerelementen in der Regel einen Winkelbereich ein, der mehr als doppelt so groß, oft sogar mehr als dreimal so groß ist wie die entsprechende Isokontrastkurve für das gleiche Kontrastverhältnis bei der TN-Anzeige.

Die Schaltzeiten der erfindungsgemäßen Lichtsteuerelemente sind sehr klein. Sie liegen in der Regel bei Werten von 1 ms oder weniger, bevorzugt bei 0,5 ms oder weniger besonders bevorzugt bei 0,1 ms oder weniger.

Besonders vorteilhaft ist die Tatsache, dass beim Schalten zwischen verschiedenen Graustufen sowohl die Schaltzeit für das Ausschalten, als auch, besonders überraschend, die für das Einschalten nahezu unabhängig von der verwendeten Ansteuerspannung sind. Dies stellt einen wesentlichen Vorteil gegenüber herkömmlichen Lichtsteuerelementen wie Flüssigkristallzellen, z.B. TN-Zellen, dar.

Die elektrooptische Kennlinie wurde durch charakteristische Spannungen charakterisiert. Hierzu wurden insbesondere die Spannungen verwendet, bei denen 10%, 50% bzw. 90% relativer Kontrast erreicht wird. Diese Spannungen (kurz V_{10} , V_{50} und V_{90}) werden auch als Schwellen-, Mittgrau- bzw. Sättigungsspannung bezeichnet. Zusätzlich wurde in der Regel die Spannung bei der 70% relativer Kontrast erreicht wird (V_{70}), bestimmt.

Elektrooptische Anzeigen gemäß der vorliegenden Erfindung enthalten ein oder mehrere erfindungsgemäße Lichtsteuerelemente. Diese werden in einer bevorzugten Ausführungsform mittels einer Aktiven Matrix angesteuert.

In einer anderen bevorzugten Ausführungsform werden die erfindungsgemäßen Lichtsteuerelemente im sogenannten „field sequential mode“ angesteuert. Hierbei werden die Schaltelemente synchron zur Ansteuerung nacheinander mit verschieden farbigem Licht beleuchtet. Zur Erzeugung des gepulsten farbigen Lichts können beispielsweise ein Farbrad („color wheel“), Stroboskoplampen oder Blitzlampen eingesetzt werden.

Elektrooptische Anzeigen gemäß der vorliegenden Erfindung können, insbesondere wenn sie für Fernsehbildschirme, Computermonitore oder ähnliches verwendet werden, zur Darstellung farbiger Bilder einen Farbfilter enthalten. Dieser Farbfilter besteht zweckmäßiger Weise aus einem Mosaik von Filterelementen verschiedener Farben. Hierbei ist typischer Weise jedem elektro-optischen Schaltelement ein Element des Farbfiltermosaiks einer Farbe zugeordnet.

Die erfindungsgemäßen Lichtsteuerelemente enthalten eine Elektrodenstruktur die ein elektrisches Feld mit einer signifikanten Komponente parallel zur Schicht des mesogenen Mediums erzeugt. Diese Elektrodenstruktur kann in der Form von interdigitalen Elektroden ausgeführt sein. Sie kann in Form von Kämmen oder Leitern ausgeführt sein. Auch Ausführungen in Form von überlagerten „H“s und doppel-„T“s bzw. „I“s sind vorteilhaft. Die Elektrodenstruktur befindet sich vorteilhaft auf nur einer Seite des mesogenen Mediums, bei Verwendung mindestens eines

Substrats bevorzugt zwischen diesem und dem mesogenen Medium. Bevorzugt liegt die Elektrodenstruktur in mindestens zwei unterschiedlichen Ebenen die sich beide auf einer Seite des mesogenen Steuermediums befinden, vor, dies gilt insbesondere wenn die Elektrodenstruktur überlappende Teilstrukturen enthält. Diese Teilstrukturen werden vorteilhafter Weise durch eine dielektrische Schicht voneinander getrennt. Wenn sich die Teilstrukturen auf den gegenüberliegenden Seiten einer Isolationsschicht befinden kann ein "Lay-Out" gewählt werden, das die Realisierung von Kondensatoren erlaubt. Dies ist insbesondere bei der Ansteuerung von Anzeigen mittels einer aktiven Matrix vorteilhaft. Derartige aktiv Matrix Anzeigen verwenden eine Matrix von den einzelnen Lichtsteuerelementen zugeordneten Ansteuerelementen mit einer nicht-linearen Strom-Spannungs-Kennlinie, wie z. B. TFTs oder MIM- (Englisch: metal insulator metal) Dioden.

Ein wesentlicher Aspekt der vorliegenden Erfindung besteht in der Ausgestaltung der Elektrodenstruktur der erfindungsgemäßen elektro-optischen Schaltelemente. Hierbei sind verschiedene Ausführungsformen möglich. Im folgenden werden die bevorzugten Ausführungsformen den Elektroden der erfindungsgemäßen Lichtsteuerelemente gegebenenfalls unter Hinzuziehung der entsprechenden Abbildungen beschrieben.

Der Aufbau von Lichtsteuerelementen mit einem mesogenen Steuermaterial ist im Prinzip in DE 102 172 73.0 beschrieben. Hier wird er kurz anhand der Abbildung 1 verdeutlicht.

Die Abbildung zeigt schematisch im Querschnitt den Aufbau eines Schaltelements oder eines Teils eines Schaltelements nach DE 102 172 73.0. Zwischen den inneren Oberflächen der Substrate (1) und (1') befindet sich das Steuermedium (2). Auf der inneren Oberfläche des einen Substrats (1) befinden sich die beiden Elektroden (3) und (4) der Elektrodenstruktur, die mit voneinander verschiedenen Potentialen beaufschlagt werden können. „Vop“ bezeichnet die Spannungs-, Ladungs- bzw. Stromquelle. Die von Vop ausgehenden Linien symbolisieren die elektrischen Zuleitungen zu den Elektroden.

Die Elektroden können aus durchsichtigem Material bestehen, wie z. B. Indiumzinnoxid (ITO). In diesem Fall kann es vorteilhaft und gegebenenfalls nötig sein einen Teil oder Teile des Lichtsteuerelements mittels einer schwarzen Maske abzudecken. Dies erlaubt Bereiche in denen das elektrische Feld nicht effektiv ist abzuschirmen und so den Kontrast zu verbessern. Die Elektroden können aber auch aus undurchsichtigem Material bestehen, üblicherweise aus Metall, z.B. aus Chrom, Aluminium, Kupfer, Silber oder Gold, bevorzugt aus Chrom. In diesem Fall kann der Einsatz einer separaten schwarzen Maske gegebenenfalls entfallen.

Das verwendete elektrische Feld ist bevorzugt ein inhomogenes Feld.

Es wurde gefunden, dass der seitliche Abstand der Elektroden, die mit verschiedenem Potential beaufschlagt werden können, voneinander einen starken Einfluß auf die charakteristischen Spannungen der Lichtsteuerelemente hat. Mit abnehmendem Abstand nimmt die benötigte Ansteuerspannung ab. Wenn der Abstand jedoch kleiner wird, wird auch das Öffnungsverhältnis des Lichtsteuerelements kleiner und die Helligkeit nimmt ab. Bevorzugt haben die Elektroden einen Abstand voneinander der im Bereich von 0,5 μm bis 100 μm , bevorzugt im Bereich von 1 μm bis 20 μm , besonders bevorzugt im Bereich von 1 μm bis 15 μm , ganz besonders bevorzugt im Bereich von 2 μm bis 12 μm und am meisten bevorzugt im Bereich von 3 μm bis 11 μm liegt. Bevorzugt beträgt der Abstand der Elektroden zueinander 19 μm oder weniger, besonders bevorzugt 15 μm oder weniger, ganz besonders bevorzugt 10 μm oder weniger und insbesondere bevorzugt 9 μm oder weniger.

Die Breite der Elektroden in der Richtung zu den Nachbarelektroden, die mit verschiedenem Potential beaufschlagt werden können, ist weniger kritisch als der Abstand der Elektroden in dieser Richtung. Er hat nahezu keinen Einfluß auf die charakteristischen Spannungen der Lichtsteuerelemente. Mit zunehmender Breite der Elektroden wird jedoch das Öffnungsverhältnis des Lichtsteuerelements kleiner und die Helligkeit nimmt ab, insbesondere wenn die Elektroden aus lichtundurchlässigem Material bestehen. Mit abnehmender Breite der Elektroden nimmt dagegen ihr elektrischer Widerstand zu. Bevorzugt haben die Elektroden eine Breite

die im Bereich von 0,5 μm bis 30 μm , bevorzugt im Bereich von 0,5 μm bis 20 μm , besonders bevorzugt im Bereich von 0,7 μm bis 19 μm , ganz besonders bevorzugt im Bereich von 1 μm bis 9 μm und am meisten bevorzugt im Bereich von 1,5 μm bis 6 μm liegt.

5

Die mesogenen Medien gemäß der vorliegenden Erfindung weisen bevorzugt eine nematische Phase auf. Es können jedoch auch Medien verwendet werden, bei denen der Temperaturbereich der nematischen Phase so schmal ist, dass praktisch ein Übergang von der kristallinen Phase oder von der smektischen Phase in die isotrope Phase erfolgt.

10

Der Klärpunkt der eine nematische Phase aufweisenden mesogenen Medien liegt bevorzugt im Bereich von -20°C , bevorzugt -30°C bis 80°C , bevorzugt bis 60°C , besonders bevorzugt im Bereich von 0°C bis 60°C , bevorzugt bis 55°C und ganz besonders bevorzugt im Bereich von 20°C bis 60°C , bevorzugt bis 50°C . Bei Anzeigen mit Hintergrundbeleuchtung liegt der Klärpunkt bevorzugt im Bereich von 10°C bis 70°C und besonders bevorzugt im Bereich von 30°C bis 50°C .

15

Die nematische Phase ist bevorzugt stabil bis -10°C , besonders bevorzugt bis -30°C und ganz besonders bevorzugt bis -40°C .

20

Gemäß den der vorliegenden Anmeldung zugrunde liegenden Untersuchungen weisen die Steuermedien eine möglichst niedrige Klärenthalpie, also eine Enthalpie (ΔH) beim Übergang aus der Mesophase in die isotrope Phase, auf. Bevorzugt beträgt die Klärenthalpie 1,50 J/g oder weniger, besonders bevorzugt 1,00 J/g oder weniger und ganz besonders bevorzugt 0,80 J/g oder weniger.

25

In einer besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weisen die Steuermedien eine Klärenthalpie von weniger als 0,90 J/g, bevorzugt von 0,78 J/g oder weniger, besonders bevorzugt von 0,70 J/g oder weniger und ganz besonders bevorzugt von 0,60 J/g oder weniger und insbesondere von 0,55 J/g oder weniger auf.

30

35

Des weiteren haben die Erfinder der vorliegenden Erfindung gefunden, dass die Steuermedien eine möglichst große dielektrische Suszeptibilität (ϵ auch ϵ_{av} genannt) aufweisen sollten. Bei einer Temperatur von 4° oberhalb des Klärpunkts des Mediums beträgt die dielektrische

5 Suszeptibilität 25 oder mehr, bevorzugt 27 oder mehr, bevorzugt 35,5 oder mehr, bevorzugt 36 oder mehr, besonders bevorzugt 40 oder mehr und ganz besonders bevorzugt 55 oder mehr, oder 60 oder mehr.

10 Die optische Anisotropie des Mediums bei einer Temperatur von 4° unterhalb des Klärpunkts des Mediums beträgt bevorzugt 0,080 oder mehr, besonders bevorzugt 0,090 oder mehr und ganz besonders bevorzugt 0,100 oder mehr.

15 In einer bevorzugten Ausführungsform weisen die mesogenen Medien gemäß der vorliegenden Erfindung in der nematischen Phase bei einer Temperatur von 4 Grad unter dem Klärpunkt bevorzugt eine Doppelbrechung (Δn) von 0,150 oder mehr und besonders bevorzugt von 0,200 oder mehr auf.

20 Der Wert der Doppelbrechung ist für die erfindungsgemäße Anwendung so gut wie unbegrenzt. Praktisch ist er jedoch in der Regel 0,500 oder kleiner und meist 0,450 oder kleiner. Der Wert der Doppelbrechung der erfindungsgemäßen Medien wird hier in der nematischen Phase bei einer Temperatur von 4° unterhalb des Klärpunkts gemessen.

25 Ist das Medium bei dieser Temperatur nicht stabil nematisch oder zumindest bis zu dieser Temperatur in der nematischen Phase unterkühlbar, so wird, ebenso wie bei Einzelsubstanzen und Vormischungen, die Doppelbrechung einer Mischung aus dem Medium und der nematischen

30 Mischung ZLI-4792 der Merck KGaA bei 20°C bestimmt und aus der Änderung gegenüber der Mischung ZLI-4792 auf den Wert des reinen Mediums extrapoliert. Es werden 10% des Mediums und 90% der Mischung ZLI-4792 verwendet. Wenn die Löslichkeit des Mediums nicht

35 ausreicht wird auf eine Konzentration von 5% ausgewichen und falls die Löslichkeit dann immer noch nicht ausreicht wird als Wirtsmischung die nematische Mischung MLC-6828 verwendet, wie unten weiter

beschrieben, und nötigenfalls auch hier die Konzentration von 10% auf 5% verringert. Das Verfahren der Extrapolation der Werte aus der Wirtsmischung wird für alle entsprechenden Eigenschaften der Medien verwendet, sofern diese bei der entsprechenden Temperatur nicht in der nematischen Phase untersucht werden können.

Die mesogenen Medien gemäß der vorliegenden Erfindung weisen bevorzugt ein Dipolmoment von 4 Debye oder mehr, besonders bevorzugt von 6 Debye oder mehr und besonders bevorzugt von 8 Debye oder mehr auf.

Für die Lichtsteuerelemente gemäß der vorliegenden Erfindung können sowohl mesogene Steuermedien verwendet werden, die in der Mesophase eine positive dielektrische Anisotropie ($\Delta\epsilon$) aufweisen, als auch solche die eine negative dielektrische Anisotropie aufweisen. Bevorzugt werden mesogene Steuermedien verwendet, die in der Mesophase eine positive dielektrische Anisotropie ($\Delta\epsilon$) aufweisen.

Wenn die mesogenen Steuermedien eine positive dielektrische Anisotropie haben, hat diese bei 1 kHz und einer Temperatur von 4° unterhalb des Klärpunkts, bevorzugt in der nematischen Phase, einen Wert von bevorzugt 15 oder mehr, besonders bevorzugt 30 oder mehr und ganz besonders bevorzugt 45 oder mehr. Hat das Medium keine nematische Phase oder liegt es bei einer Temperatur von 4° unterhalb des Klärpunkts nicht in der nematischen Phase vor, so wird seine dielektrische Anisotropie, wie die Doppelbrechung, durch Extrapolation der Werte einer entsprechenden Wirtsmischung ermittelt.

Wenn die mesogenen Steuermedien eine negative dielektrische Anisotropie haben, hat diese einen Wert von bevorzugt -5 oder weniger, besonders bevorzugt -7 oder weniger und ganz besonders bevorzugt -10 oder weniger. Für dielektrisch negative Steuermedien wird, sofern nötig, die nematische Mischung ZLI-3086 der Merck KGaA als Wirtsmischung verwendet, wie für dielektrisch negative Verbindungen.

Besonders bevorzugt sind Steuermedien mit einer positiven dielektrischen Anisotropie.

5 Bevorzugt weisen die erfindungsgemäßen Steuermedien in den erfindungsgemäßen Lichtsteuerelementen bei einer Temperatur von 2 Grad oberhalb des Klärpunkts eine charakteristische Spannung V_{70} im Bereich von 5 V bis 150 V, bevorzugt von 15 V bis 110 V, besonders bevorzugt von 20 V bis 90 V und ganz besonders bevorzugt von 30 V bis 80 V auf. Besonders bevorzugt haben die erfindungsgemäßen

10 Steuermedien in den erfindungsgemäßen Lichtsteuerelementen bei einer Temperatur von 2 Grad oberhalb des Klärpunkts eine charakteristische Spannung von 105 V oder weniger, bevorzugt von 95 V oder weniger, besonders bevorzugt von 75 V oder weniger und ganz besonders bevorzugt von 65 V oder weniger.

15 Bevorzugt weisen die erfindungsgemäßen Steuermedien in den erfindungsgemäßen Lichtsteuerelementen eine geringe Temperaturabhängigkeit der charakteristische Spannung V_{70} bei einer Temperatur von 2 Grad oberhalb des Klärpunkts ($dV/dT(T(N,I)+2^\circ)$) über

20 einen Temperaturbereich von einem Grad unterhalb bis einem Grad oberhalb der gegebenen Temperatur im Bereich von 1 V/° bis 20 V/° , bevorzugt von 1 V/° bis 15 V/° , besonders bevorzugt von 2 V/° bis 10 V/° und ganz besonders bevorzugt von 2 V/° bis 7 V/° auf.

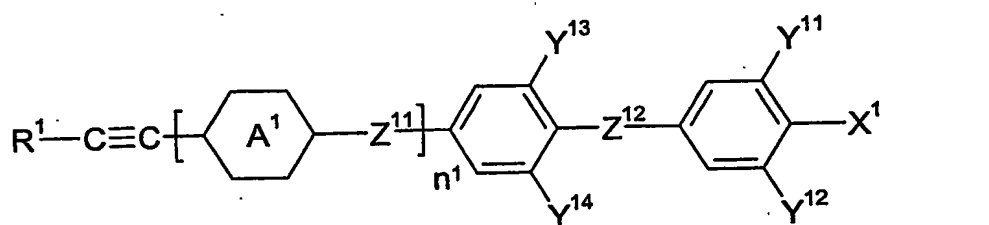
25 Die mesogenen Medien gemäß der vorliegenden Erfindung bestehen bevorzugt aus zwei bis 40 Verbindungen, besonders bevorzugt aus fünf bis 30 Verbindungen und ganz besonders bevorzugt aus sieben bis 25 Verbindungen.

30 Die erfindungsgemäßen mesogenen Medien mit positiver dielektrischer Anisotropie gemäß der vorliegenden Erfindung enthalten bevorzugt

- eine Komponente A bestehend aus einer oder mehreren Verbindungen mit einer sehr stark positiven dielektrischen Anisotropie von 30 oder
- 35 mehr,

- optional eine Komponente B bestehend aus einer oder mehreren Verbindungen mit einer stark positiven dielektrischen Anisotropie von 10 bis < 30,
- 5 - optional eine Komponente C bestehend aus einer oder mehreren Verbindungen mit einer moderat positiven dielektrischen Anisotropie von > 1,5 bis < 10,
- 10 - optional eine Komponente D bestehend aus einer oder mehreren dielektrisch neutralen Verbindungen mit einer dielektrischen Anisotropie im Bereich von -1,5 bis +1,5 und
- 15 - gegebenenfalls optional eine Komponente E bestehend aus einer oder mehreren Verbindungen mit einer negativen dielektrischen Anisotropie von weniger als -1,5.

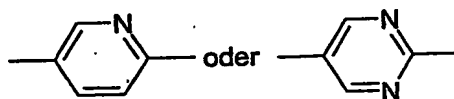
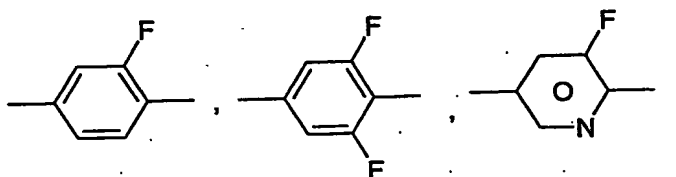
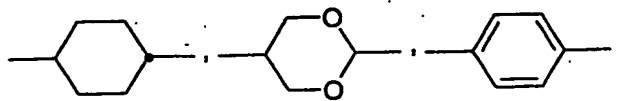
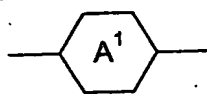
Die Komponente A dieser Medien enthält bevorzugt eine oder mehrere Verbindungen der Formel I und besteht besonders bevorzugt überwiegend und ganz besonders bevorzugt nahezu vollständig aus einer oder mehreren Verbindungen ausgewählt aus den Verbindungen der Formeln I und II,



worin

R^1

Alkyl mit 1 bis 7 C-Atomen oder Oxaalkyl mit 2 bis 7 C-Atomen, jeweils bevorzugt mit 2 bis 5 C-Atomen, bevorzugt Alkyl,



Z^{11} und Z^{12}

jeweils voneinander unabhängig, eine Einfachbindung, $-\text{CO}-\text{O}-$, $\text{trans } -\text{CH}=\text{CH}-$, $-\text{CH}=\text{CF}-$, $-\text{CF}=\text{CH}-$, $-\text{CF}=\text{CF}-$, $-\text{CH}=\text{CH}-\text{CO}-\text{O}-$, $-\text{CF}=\text{CF}-\text{CO}-\text{O}-$, $-\text{CF}=\text{CH}-\text{CO}-\text{O}-$, $-\text{CH}=\text{CF}-\text{CO}-\text{O}-$, $-\text{CF}_2-\text{O}-$, $-\text{O}-\text{CF}_2-$ oder $-\text{C}\equiv\text{C}-$ oder eine Kombination von zwei oder mehreren dieser Gruppen, bevorzugt mindestens eine dieser Gruppen $-\text{COO}-$ oder $-\text{CF}_2-\text{O}-$,

X^1

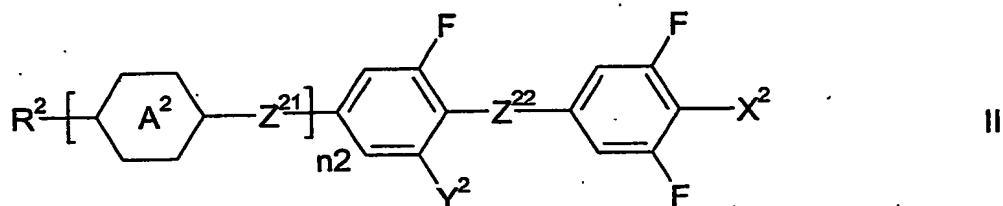
F, Cl, NO_2 , $-\text{OCF}_3$, $-\text{CF}_3$, $-\text{OCF}_2\text{H}$, Cl, CN, $-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CN}$ oder NCS, bevorzugt CN, $-\text{CF}_3$, $-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CN}$ oder NCS, besonders bevorzugt CN oder $-\text{CF}_3$,

Y^{11} , Y^{12} , Y^{13} und Y^{14} H oder F und

n^1

0 oder 1, bevorzugt 0 bedeuten,

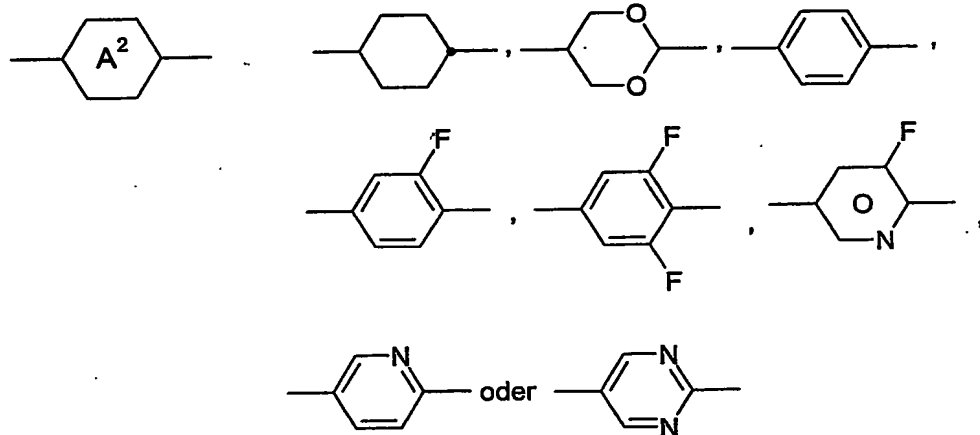
wobei die Verbindungen der Formel I bevorzugt drei oder mehr, besonders bevorzugt vier oder mehr Fluoratome an den Phenylringen tragen, bevorzugt jedoch je Phenylring nicht mehr als zwei F-atome, besonders bevorzugt bedeuten Y^{11} , Y^{12} und Y^{13} F und bevorzugt bedeutet Z^{12} $-\text{COO}-$



worin

R^2

Alkyl oder Alkoxy mit 1 bis 7 C-Atomen, Alkenyl, Alkenyloxy oder Oxaalkyl mit 2 bis 7 C-Atomen, bevorzugt Alkyl oder Alkoxy mit 1 bis 5 C-Atomen oder Alkenyl mit 2 bis 5 C-Atomen, bevorzugt Alkyl oder Alkoxy,



Z^{21} und Z^{22}

jeweils voneinander unabhängig, eine Einfachbindung, -CO-O-, trans -CH=CH-, -CH=CF-, -CF=CH-, -CF=CF-, -CH=CH-CO-O-, -CF=CF-CO-O-, -CF=CH-CO-O-, -CH=CF-CO-O-, -CF₂-O-, -O-CF₂- oder -C≡C- oder eine Kombination von zwei oder mehreren dieser Gruppen, bevorzugt mindestens eine dieser Gruppen -COO- oder -CF₂-O-,

X^2

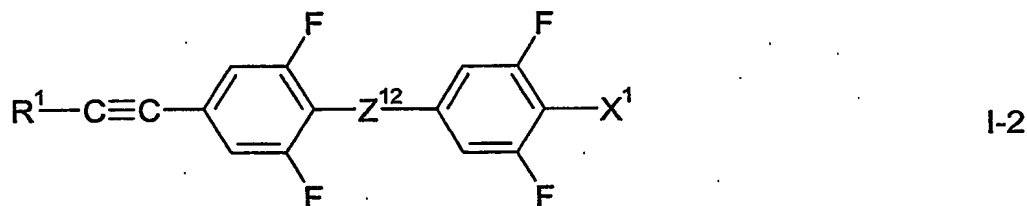
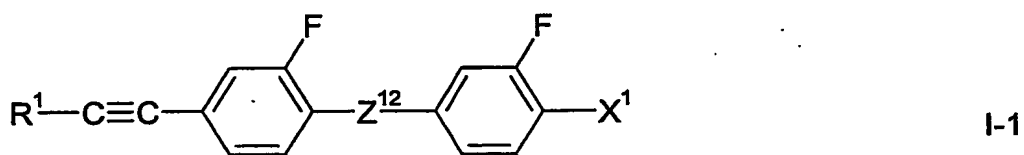
F, Cl, NO₂, -OCF₃, -CF₃, -OCF₂H, Cl, CN, -C≡C-CN oder NCS, bevorzugt CN, -CF₃, -C≡C-CN oder NCS, besonders bevorzugt CN,

Y^2 H oder F und

n^2 0 oder 1 bedeuten.

In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Anmeldung
enthalten die Medien eine oder mehrere Verbindungen der Formel I und
bestehen bevorzugt überwiegend und besonders bevorzugt nahezu
vollständig aus einer oder mehreren Verbindungen der Formel I

Bevorzugt werden die Verbindungen der Formel I ausgewählt aus der
Gruppe der Verbindungen I-1 und I-2



worin die Parameter die oben unter Formel I gegebene Bedeutung haben
und bevorzugt

R^1 Alkyl mit 1 bis 7, bevorzugt mit 1 bis 5, bevorzugt bis 3
C-Atomen,

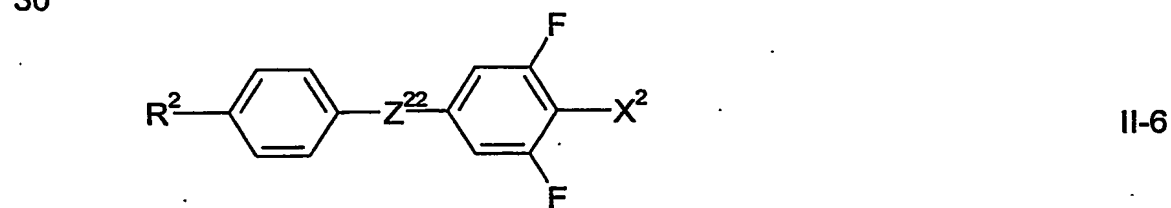
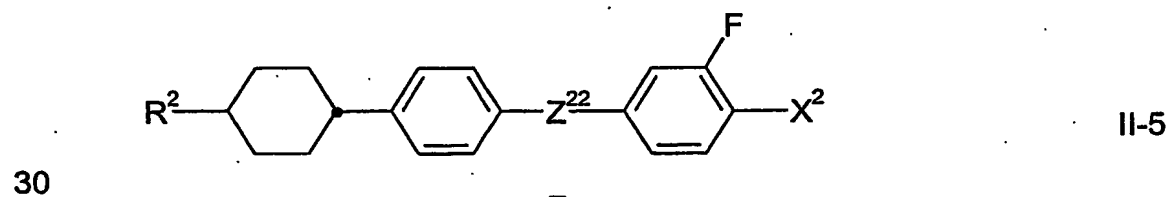
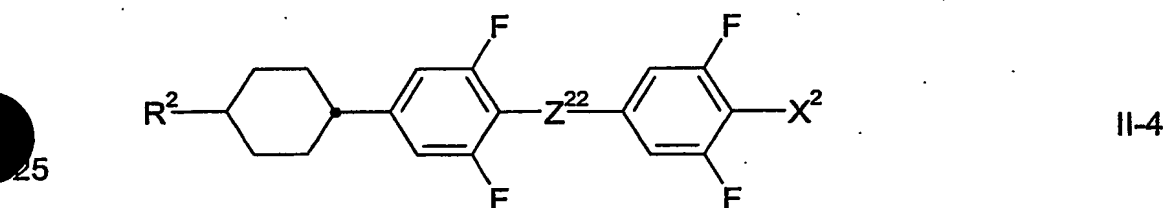
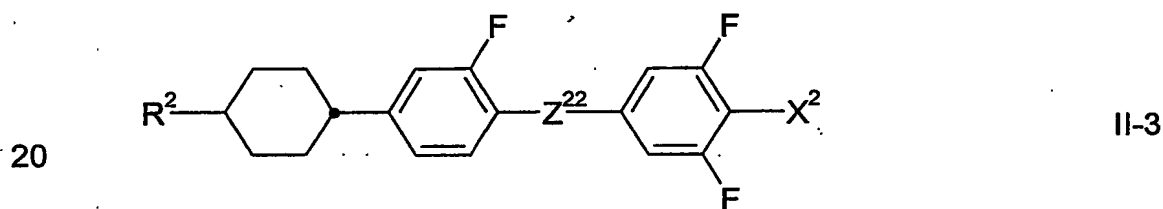
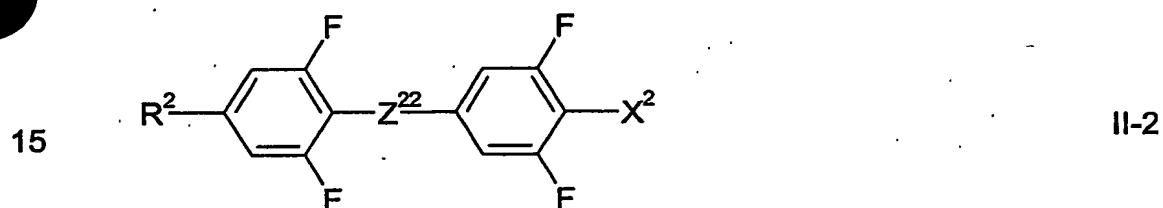
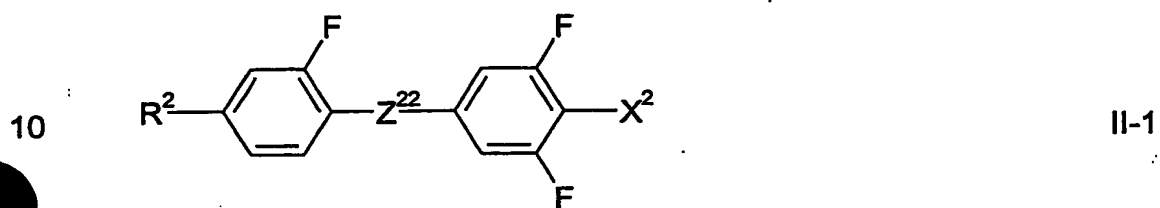
Z^{12} -COO- oder -CF₂-O- und

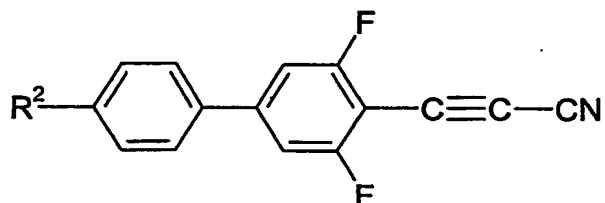
X^1 CN, -CF₃ oder NCS, bevorzugt CN oder -CF₃

bedeuten.

Besonders bevorzugt enthalten die erfindungsgemäßen Medien eine oder mehrere Verbindungen der Formel I, bevorzugt der Formel I-1 und/oder der Formel I-2, worin X^1 CF_3 bedeutet.

5 Bevorzugt werden die Verbindungen der Formel II ausgewählt aus der Gruppe der Verbindungen II-1 bis II-7





II-7

worin die Parameter die oben unter Formel II gegebene Bedeutung haben und bevorzugt

- R^2 Alkyl oder Alkoxy mit 1 bis 7 C-Atomen, Alkenyl, Alkenyloxy oder Oxaalkyl mit 2 bis 7 C-Atomen, bevorzugt Alkyl oder Alkoxy mit 1 bis 5 C-Atomen,
- Z^{22} eine Einfachbindung, -CO-O- oder -CF₂-O- bevorzugt -COO- oder -CF₂-O-, bei Formel II-6 auch, besonders bevorzugt, -C≡C- und
- X^2 CN, oder CF₃, bevorzugt CF₃, bei Formel II-6 besonders bevorzugt CN, oder CF₃, bevorzugt CN

bedeuten.

Bevorzugt enthalten die erfindungsgemäßen Medien eine oder mehrere Verbindungen ausgewählt aus der Gruppe der Verbindungen der Formeln II1 bis II-5, bevorzugt Verbindungen worin Z^{22} -CO-O- bedeutet.

In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung enthält die Komponente A der erfindungsgemäßen Medien bevorzugt eine oder mehrere Verbindungen der Formel II und besteht besonders bevorzugt überwiegend und ganz besonders bevorzugt nahezu vollständig aus einer oder mehreren Verbindungen der Formel II.

Für die Lichtsteuerelemente gemäß der vorliegenden Erfindung können sowohl mesogene Steuermedien verwendet werden, die in der Mesophase eine positive dielektrische Anisotropie ($\Delta\epsilon$) aufweisen, als auch solche die

eine negative dielektrische Anisotropie aufweisen. Bevorzugt werden mesogene Steuermedien verwendet, die in der Mesophase eine positive dielektrische Anisotropie ($\Delta\epsilon$) aufweisen. Wenn die mesogenen Steuermedien eine positive dielektrische Anisotropie haben, hat diese bei 1 kHz und einer Temperatur von 4° unterhalb des Klärpunkts, bevorzugt in der nematischen Phase, bevorzugt einen Wert von 40 oder mehr.

Die mesogenen Medien gemäß der vorliegenden Erfindung mit positiver dielektrischer Anisotropie bestehen besonders bevorzugt überwiegend und ganz besonders bevorzugt nahezu vollständig aus der Komponente A.

In einer bevorzugten Ausführungsform enthalten die mesogenen Medien gemäß der vorliegenden Erfindung mit positiver dielektrischer Anisotropie eine oder mehrere Komponenten ausgewählt aus der Gruppe der Komponenten B bis D, bevorzugt ausgewählt aus der Gruppe der Komponenten B und D, besonders bevorzugt der Komponente B.

Die mesogenen Medien gemäß der vorliegenden Erfindung mit positiver dielektrischer Anisotropie enthalten bevorzugt

- 5% bis 80%, bevorzugt 10% bis 60%, besonders bevorzugt 18% bis 43% einer oder mehrerer Verbindungen der Formel I,
- 5% bis 95%, bevorzugt 15% bis 80%, besonders bevorzugt 40% bis 70% einer oder mehrerer Verbindungen der Formel II und
- 0% bis 30% bevorzugt 0% bis 15%, besonders bevorzugt 0% bis 10% einer oder mehrerer weiterer Verbindungen.

Die mesogenen Medien gemäß der vorliegenden Erfindung mit positiver dielektrischer Anisotropie enthalten bevorzugt

- 3% bis 45%, bevorzugt 5% bis 40%, besonders bevorzugt 10% bis 35% einer oder mehrerer Verbindungen der Formel I-1 und/oder
- 2% bis 35%, bevorzugt 4% bis 30%, besonders bevorzugt 5% bis 30% einer oder mehrerer Verbindungen der Formel I-1 und/oder

- 5
- 0 bis 30%, bevorzugt 2% bis 25%, besonders bevorzugt 5% bis 20% einer oder mehrerer Verbindungen der Formel II-1 und/oder
 - 0 bis 30%, bevorzugt 2% bis 25%, besonders bevorzugt 5% bis 20% einer oder mehrerer Verbindungen der Formel II-2 und/oder
 - 5% bis 70%, bevorzugt 15% bis 65%, besonders bevorzugt 20% bis 60% einer oder mehrerer Verbindungen der Formel II-3 und/oder II-4, bevorzugt II-4 und/oder
 - 10
 - 0% bis 20% bevorzugt 0% bis 15%, besonders bevorzugt 3% bis 12% einer oder mehrerer Verbindungen der Formel II-5 und/oder
 - 0% bis 30% bevorzugt 0% bis 20%, besonders bevorzugt 3% bis 15% einer oder mehrerer Verbindungen der Formel II-6 und/oder
 - 15
 - 0% bis 35% bevorzugt 0% bis 30%, besonders bevorzugt 3% bis 12% einer oder mehrerer Verbindungen der Formel II-7.

20 Die mesogenen Medien gemäß der vorliegenden Erfindung mit negativer dielektrischer Anisotropie bestehen besonders bevorzugt überwiegend und ganz besonders bevorzugt nahezu vollständig aus der Komponente D.

25 Die Komponente D dieser Medien enthält bevorzugt eine oder mehrere Verbindungen.

Die mesogenen Medien mit negativer dielektrischer Anisotropie gemäß der vorliegenden Erfindung enthalten bevorzugt

- 30
- eine Komponente A' bestehend aus einer oder mehreren Verbindungen mit einer stark negativen dielektrischen Anisotropie von -5 oder weniger,
 - optional eine Komponente B' bestehend aus einer oder mehreren Verbindungen mit einer moderat negativen dielektrischen Anisotropie von -1,5 bis < -5,
- 35

- optional eine Komponente C' bestehend aus einer oder mehreren dielektrisch neutralen Verbindungen mit einer dielektrischen Anisotropie von $-1,5$ bis $+1,5$ und
- 5 - gegebenenfalls eine Komponente D' bestehend aus einer oder mehreren Verbindungen mit einer positiven dielektrischen Anisotropie von mehr als $1,5$.

10 Das mesogene Medium gemäß der vorliegenden Erfindung kann weitere Additive und chirale Dotierstoffe in üblichen Konzentrationen enthalten. Die Gesamtkonzentration dieser weiteren Bestandteile liegt im Bereich von 0% bis 10%, bevorzugt im Bereich von 0,1% bis 6%, bezogen auf die Gesamtmischung. Die Konzentrationen der einzelnen dieser Verbindungen liegen im Bereich von 0,1 bis 3%. Die Konzentration dieser Verbindungen
15 und ähnlicher Bestandteile der Mischung werden bei der Angabe der Konzentrationsbereiche der übrigen Mischungsbestandteile nicht berücksichtigt.

20 Die Medien werden auf übliche Weise aus den Verbindungen erhalten. Zweckmäßiger Weise werden die Verbindungen die in geringerer Menge eingesetzt werden in den in größerer Menge eingesetzten Verbindungen gelöst. Wird die Temperatur während des Mischvorgangs über den Klärpunkt der überwiegenden Komponente erhöht, kann die Vollständigkeit der Auflösung leicht beobachtet werden. Die
25 erfindungsgemäßen Medien können jedoch auch auf andere Weisen hergestellt werden. So durch den Einsatz von Vormischungen. Als Vormischungen könne unter anderem Homologenmischungen und/oder eutektische Mischungen eingesetzt werden. Die Vormischungen können aber auch bereits selbst einsatzfähige Medien sein. Dies ist bei
30 sogenannten Zwei- oder Mehr-Flaschen-Systemen (Englisch: „two-bottle“ oder „multi-bottle systems“) der Fall.

In der vorliegenden Anmeldung gilt, soweit nicht explizit anders angegeben, das Folgende.

Die angegebenen Bereiche von Werten schließen bevorzugt die Grenzwerte ein.

5 Die Konzentrationen sind in Massen-% gegeben und beziehen sich auf die vollständige Mischung. Temperaturen sind in Grad Celsius und Temperaturdifferenzen in Differenzgrad Celsius angegeben. Alle physikalischen Eigenschaften wurden bestimmt wie in "Merck Liquid Crystals, Physical Properties of Liquid Crystals", Stand Nov. 1997, Merck KGaA, Deutschland und sind für eine Temperatur von 20 °C gegeben, 10 sofern nicht explizit anders angegeben. Die optische Anisotropie (Δn), auch Doppelbrechung genannt, wird bei einer Wellenlänge von 589,3 nm bestimmt. Die dielektrischen Eigenschaften werden bei einer Frequenz von 1 kHz bestimmt.

15 Im Zusammenhang mit Angaben zur Zusammensetzung der Medien, bzw. ihrer Komponenten, bedeutet

20 - „enthalten“, dass die Konzentration des jeweiligen genannten Materials, also der Komponente oder der Verbindung, in der Bezugseinheit, also dem Medium bzw. der Komponente, bevorzugt 10% oder mehr, besonders bevorzugt 20 % oder mehr und ganz besonders bevorzugt 30% oder mehr beträgt,

25 - „überwiegend bestehen aus“, dass die Konzentration des genannten Materials in der Bezugseinheit bevorzugt 50% oder mehr, besonders bevorzugt 60 % oder mehr und ganz besonders bevorzugt 70% oder mehr beträgt und

30 - „nahezu vollständig bestehen aus“, dass die Konzentration des genannten Materials in der Bezugseinheit bevorzugt 80% oder mehr, besonders bevorzugt 90 % oder mehr und ganz besonders bevorzugt 95% oder mehr beträgt.

35 Dielektrisch positive Verbindungen haben ein $\Delta\epsilon > 1,5$, dielektrisch neutrale Verbindungen haben ein $\Delta\epsilon$ im Bereich $-1,5 \leq \Delta\epsilon \leq 1,5$ und dielektrisch negative Verbindungen haben ein $\Delta\epsilon < -1,5$. Die selben

Definitionen gelten auch für Komponenten von Mischungen und für Mischungen.

5 Die dielektrischen Eigenschaften, elektrooptischen Eigenschaften (z.B. die Schwellenspannungen) und die Schaltzeiten wurden in bei der Merck KGaA, Darmstadt, Deutschland hergestellten Testzellen, bestimmt. Die Testzellen zur Bestimmung von $\Delta\epsilon$ hatten eine Schichtdicke von 22 μm und eine kreisförmige Elektrode aus Indiumzinnoxid (ITO) mit einer Fläche von 1,13 cm^2 und einem Schutzring. Für homeotrope Orientierung zu Bestimmung von $\epsilon_{||}$ wurden Zellen mit einer homeotrop orientierenden Polyimid-Orientierungsschicht verwendet. Alternativ kann Lezithin (Merck KGaA) als Orientierungsmittel verwendet. Die Zellen zur Bestimmung von ϵ_{\perp} hatten Orientierungsschichten aus dem Polyimid AL-1054 der Firma Japan Synthetic Rubber, Japan. Die Kapazitäten wurden in der Regel mit einem Frequenzanalysator Solatron 1260 mit einer Rechteckwelle mit einer Effektivspannung von 0.3 V_{rms} gemessen. Die elektrooptischen Untersuchungen wurden mit weißem Licht durchgeführt. Die charakteristischen Spannungen wurden unter senkrechter Beobachtung bestimmt.

20 Die dielektrischen Eigenschaften der Materialien werden bei 1 kHz und 20°C, sowie bei einer Temperatur von 4° unterhalb sowie bei einer Temperatur von 4° oberhalb des Klärpunkts, des jeweiligen Materials bestimmt.

25 Die dielektrische Anisotropie ($\Delta\epsilon$) der Verbindungen wird durch Extrapolation der Werte einer 10%-igen Lösung der jeweiligen Verbindung in einer Wirtsmischung bei 20°C auf einen Anteil der jeweiligen Verbindung von 100% bestimmt. Die Kapazitäten der Testmischungen werden sowohl in einer Zelle mit homeotroper, als auch in einer Zelle mit homogener Randorientierung bestimmt. Die Schichtdicke beider Zellentypen beträgt ca. 20 μm . Zur Messung wird eine Rechteckwelle mit einer Frequenz von 1 kHz und einer effektiven Spannung (rms, Englisch: root mean square) von typischer Weise 0.2 V bis 1.0 V verwendet. In jedem Fall ist die verwendete Spannung niedriger als die kapazitive Schwelle der jeweils untersuchten Mischung.

Für dielektrisch positive Verbindungen wird die Mischung ZLI-4792 und für dielektrisch neutrale, sowie für dielektrisch negative Verbindungen, die Mischung ZLI-3086, beide von Merck KGaA, Deutschland, als Wirtsmischung verwendet. Diese Wirtsmischungen werden auch für Komponenten und Medien verwendet, die selbst bei der betreffenden Temperatur keine nematische Phase aufweisen, bzw. die nicht bis zu der betreffenden Temperatur in der nematischen Phase unterkühlt werden können. Ist die Löslichkeit der Verbindungen, Komponenten oder Medien in der jeweiligen Wirtsmischung geringer als 10%, wird ausnahmsweise die Konzentration der untersuchten Substanz auf 5% erniedrigt. Ist die Löslichkeit einer dielektrisch positiven Substanz (einer Verbindung, einer Komponente eines Mediums oder eines Mediums) in der Wirtsmischung ZLI-4792 geringer als 5%, so wird die nematische Mischung MLC-6828, Merck KGaA, Deutschland als Wirtsmischung verwendet. Auch hier wird nötigenfalls die Konzentration der zu untersuchenden Substanz von 10% auf 5% halbiert. Aus der Änderung der Werte gegenüber denen der Wirtsmischung wird auf den Wert der reinen Substanz extrapoliert.

Die erfindungsgemäßen Medien enthalten bevorzugt 0% bis 10% an Verbindungen deren Löslichkeit in der entsprechenden Wirtsmischung (ZLI-3086 bzw. MLC-6828) geringer als 5% ist. Bevorzugt ist die Konzentration dieser Verbindungen 8% oder weniger, besonders bevorzugt 5% oder weniger und ganz besonders bevorzugt 4% oder weniger.

Die dielektrische Anisotropie der Verbindungen, Komponenten oder Medien, die bei 20°C oder bei einer Temperatur von 4° unterhalb ihres Klärpunkts nicht in der nematischen Phase vorliegen, bzw. die nicht bis zu dieser Temperatur in dieser Phase unterkühlbar sind, werden aus einer Wirtsmischung bestimmt, wie oben bei den Verbindungen beschrieben.

Die Dielektrizitätskonstanten $\epsilon_{||}$ und ϵ_{\perp} werden mit einer absoluten Genauigkeit von ca. $\pm 0,1$ bis $\pm 0,2$ bestimmt, wodurch sich für die dielektrische Anisotropie ($\Delta\epsilon$) eine absolute Genauigkeit von ca. $\pm 0,2$ bis $\pm 0,4$, typischerweise von $\pm 0,3$ ergibt.

Die dielektrische Suszeptibilität der Medien wird bei einer Temperatur von 4° oberhalb ihres jeweiligen Klärpunkts, also in der isotropen Phase, bestimmt. Sie wird mittlere dielektrische Suszeptibilität ($\epsilon_{av.}$) genannt, da sie auch, in erster Näherung, aus der Extrapolation der mittleren dielektrischen Suszeptibilität des nematischen Mediums über dessen Klärpunkt hinaus erhalten werden kann. Die dielektrische Suszeptibilität der Medien wird mit einer absoluten Genauigkeit von ca. +/-0,1 bis +/-0,2 bestimmt.

Die Klärenthalpie wurde per „differential scanning calorimetry“, kurz DSC bestimmt. Hierzu wurde ein kommerzielles Gerät DSC2920 der Firma Texas Instruments, USA verwendet. Es wurden 2 mg bis 8 mg, typischerweise 4 mg, des betreffenden Materials in einem Pfännchen gegen ein leeres Pfännchen als Referenz vermessen. Dabei wurde die Temperatur mit einer Heizrate von 10 Grad/Minute erhöht. Der Startpunkt wurde ca. 30° bis 40° unterhalb des Klärpunkts der Substanz gewählt. Der Endpunkt lag jeweils ca. 30° oberhalb des Klärpunkts der Substanz. Die relative Genauigkeit der Werte beträgt jeweils ca. +/-10% bis +/-15%. Bei sehr kleinen Werten der Klärenthalpie muß gegebenenfalls die Probenmenge erhöht oder auf ein präziseres Meßgerät gewechselt werden.

Der Wert der Doppelbrechung der erfindungsgemäßen Medien wird hier in der nematischen Phase bei 20°C und bei einer Temperatur von 4° unterhalb des Klärpunkts gemessen. Ist das Medium bei einer dieser beiden Temperaturen oder bei diesen beiden Temperaturen nicht stabil nematisch oder zumindest bis zu dieser Temperatur in der nematischen Phase unterkühlbar, so wird die Doppelbrechung einer Mischung aus der entsprechenden nematischen Wirtsmischung extrapoliert, wie oben bei der Bestimmung der dielektrischen Anisotropie beschrieben.

Der Begriff Schwellenspannung bedeutet in der vorliegenden Anmeldung die optische Schwelle und wird für einen relativen Kontrast von 10 % (V_{10}) angegeben. Die Mittgrauspannung und die Sättigungsspannung werden ebenfalls optisch bestimmt und für einen relativen Kontrast von 50%, bzw. von 90 % angegeben. Als Bezugsgröße und charakteristischer Wert der

elektrooptischen Kennlinie der verschiedenen Medien wird in der vorliegenden Anmeldung in der Regel die Spannung (V_{70}) angegeben bei der die Kennlinie zum ersten Mal den Wert von 70% relativem Kontrast erreicht. Wird die kapazitive Schwellenspannung (V_0), auch Freedericksz-Schwelle genannt, angegeben, so ist dies explizit angegeben.

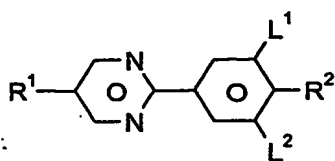
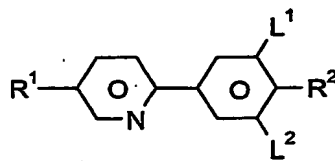
Die Medien wurden in Testzellen mit interdigitalen Elektroden gefüllt. Die Schichtdicke der Testzellen betrug in der Regel ca. 10 μm . Die Breite der Elektroden betrug 10 μm und der Abstand zwischen den benachbarten Elektroden betrug 15 μm . Die elektrooptische Kennlinie wurde bei einer Temperatur von 2° oberhalb des Klärpunkts des jeweiligen Mediums bestimmt. Beim Einfüllen der Medien in eine Zelle wurde in einigen Fällen eine leichte Erhöhung des Klärpunkts beobachtet. Dieser Effekt ist möglicherweise mit einer gewissen Stabilisierung der nematischen Phase in dünnen Schichten zu erklären. Die Erhöhung des Klärpunkts betrug in einigen Fällen 0,5° und bis zu ca. 0,7°. In den Fällen in denen eine Erhöhung des Klärpunkts in der Zelle auftritt, wird die Untersuchung der elektrooptischen Eigenschaften nicht bei einer Temperatur von 2° oberhalb des Klärpunkts des Mediums als solchem ($T(N,I)$), sondern 2° oberhalb des Klärpunkts des Mediums in der Zelle ($T_c(N,I)$) bestimmt.

In der vorliegenden Anmeldung, besonders in den im folgenden beschriebenen Beispielen werden die Strukturen der chemischen Verbindungen mittels Abkürzungen angegeben. Die Bedeutung der jeweiligen Abkürzungen ist in den folgenden Tabellen A und B zusammengestellt. Alle Gruppen C_nH_{2n+1} und C_mH_{2m+1} sind geradkettige Alkylgruppen mit n bzw. m C-Atomen. Tabelle B ist aus sich selbst heraus verständlich, da sie jeweils die vollständige Abkürzung für eine Formel homologer Verbindungen angibt. In Tabelle A sind nur die Abkürzungen für die Kernstrukturen der Verbindungstypen zusammengestellt. Die Abkürzungen für die jeweiligen einzelnen Verbindungen setzen sich aus der jeweils zutreffenden dieser Abkürzungen für den Kern der Verbindung und der mittels einem Bindestrich angehängten Abkürzung für die Gruppen R^1 , R^2 , L^1 und L^2 gemäß folgender Tabelle zusammen.

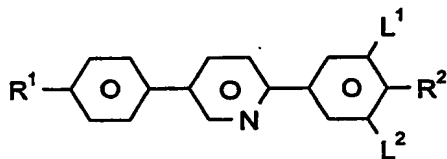
	Abkürzung für R ¹ R ¹ , R ² , L ¹ , L ²	R ²	L ¹	L ²	
5	nm	C _n H _{2n+1}	C _m H _{2m+1}	H	H
	nOm	C _n H _{2n+1}	OC _m H _{2m+1}	H	H
	nO.m	OC _n H _{2n+1}	C _m H _{2m+1}	H	H
	n	C _n H _{2n+1}	CN	H	H
	nN.F	C _n H _{2n+1}	CN	H	F
10	nN.F.F	C _n H _{2n+1}	CN	F	F
	nON.F.F	OC _n H _{2n+1}	CN	F	F
	nOF	OC _n H _{2n+1}	F	H	H
	nCl	C _n H _{2n+1}	Cl	H	H
15	nCl.F	C _n H _{2n+1}	Cl	H	F
	nCl.F.F	C _n H _{2n+1}	Cl	F	F
	nF	C _n H _{2n+1}	F	H	H
	nF.F	C _n H _{2n+1}	F	H	F
	nF.F.F	C _n H _{2n+1}	F	F	F
20	nmF	C _n H _{2n+1}	C _m H _{2m+1}	F	H
	nCF ₃	C _n H _{2n+1}	CF ₃	H	H
	nOCF ₃	C _n H _{2n+1}	OCF ₃	H	H
	nOCF ₃ .F	C _n H _{2n+1}	OCF ₃	H	F
25	nOCF ₃ .F.F	C _n H _{2n+1}	OCF ₃	F	F
	nOCF ₂	C _n H _{2n+1}	OCHF ₂	H	H
	nOCF ₂ .F	C _n H _{2n+1}	OCHF ₂	H	F
	nOCF ₂ .F.F	C _n H _{2n+1}	OCHF ₂	F	F
30	nS	C _n H _{2n+1}	NCS	H	H
	nS.F	C _n H _{2n+1}	NCS	H	F
	nS.F.F	C _n H _{2n+1}	NCS	F	F
	rVsN	C _r H _{2r+1} -CH=CH-C _s H _{2s} -	CN	H	H
	rOsN	C _r H _{2r+1} -O-C _s H _{2s} -	CN	H	H
35	nEm	C _n H _{2n+1}	COOC _m H _{2m+1}	H	H

Table A:

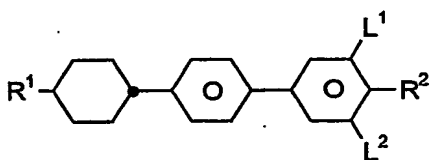
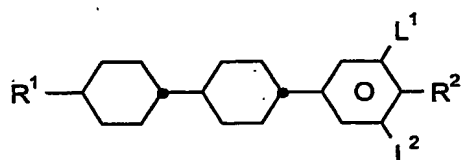
5

**PYP****PYRP**

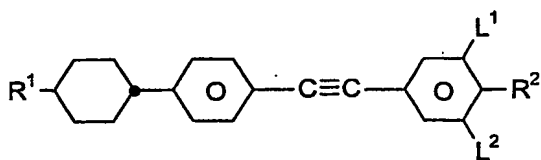
10

**PPYRP**

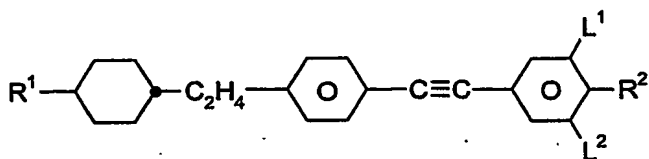
15

**BCH****CCP**

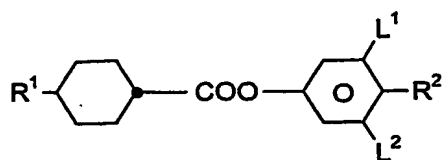
20

**CPTP**

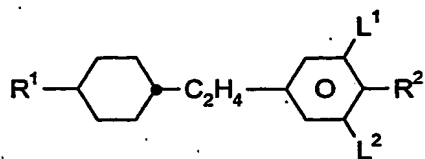
25

**CEPTP**

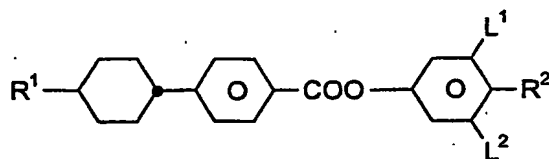
30

**D**

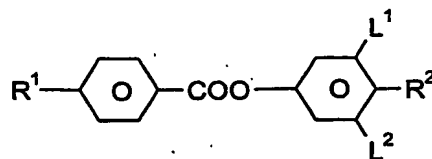
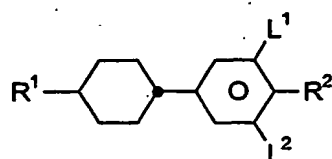
35



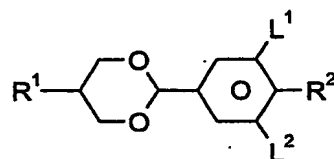
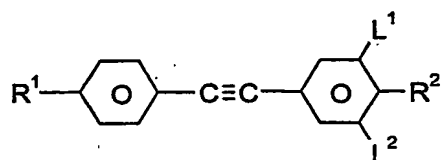
5

EPCH

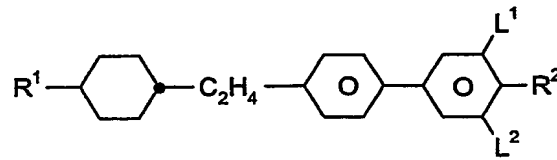
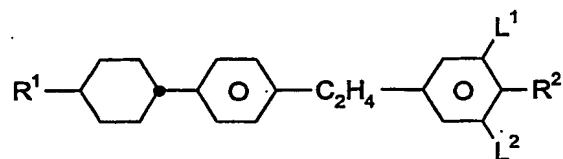
10

HP**ME**

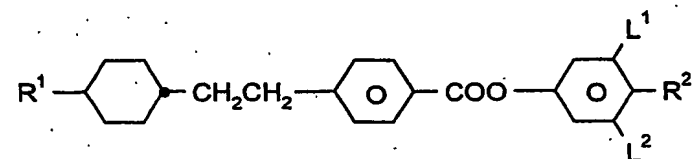
15

PCH**PDX**

20

PTP**BECH**

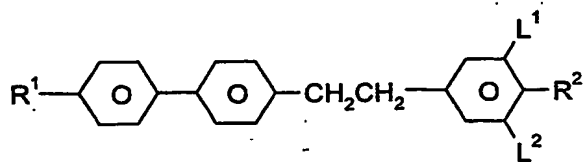
25

EBCH

30

EHP

35

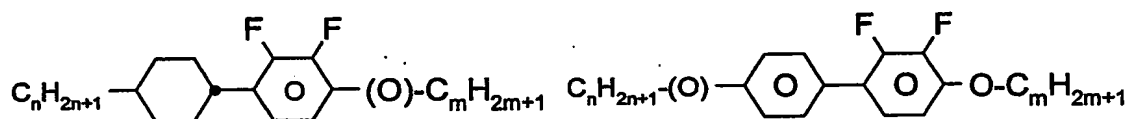


5

ET

Table B:

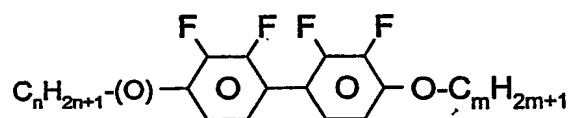
10



PCH-n(O)mFF

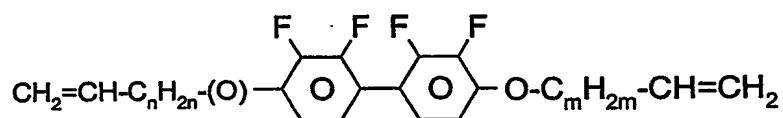
PY-n(O)-Om

15



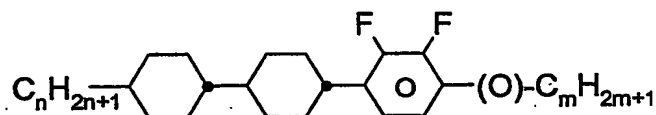
YY-n(O)-Om

20



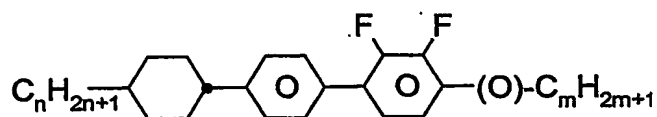
YY-Vn(O)-OmV

25



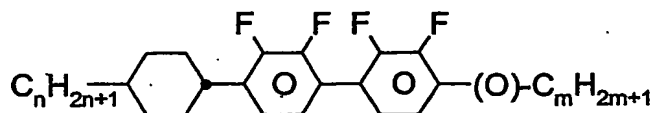
CCP-n(O)mFF

30

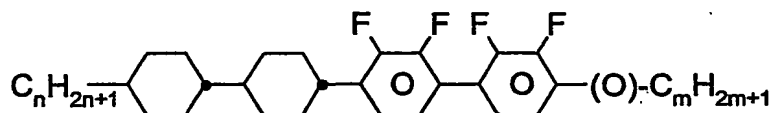


CPY-n(O)-m

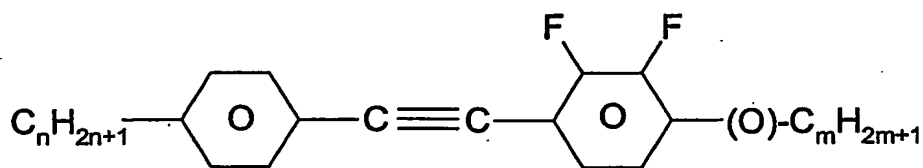
35



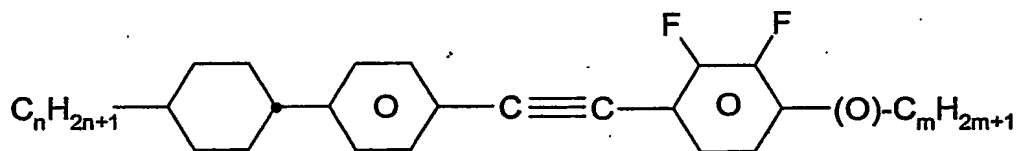
5

CYY-n-(O)m

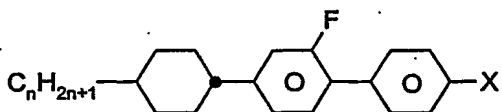
10

CCYY-n-(O)m

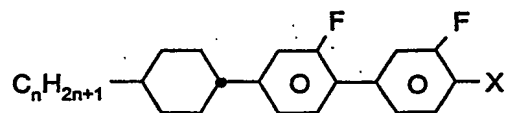
15

PTP-n(O)mFF

20

CPTP-n(O)mFF

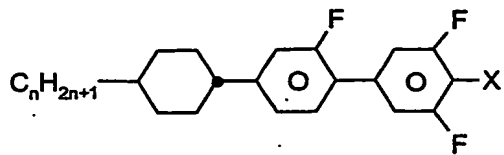
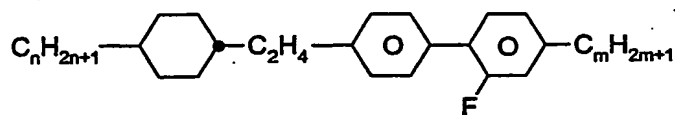
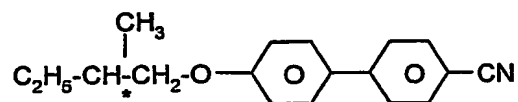
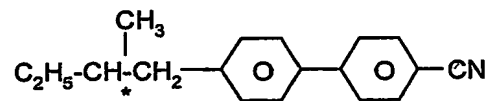
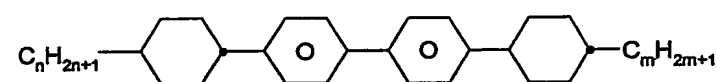
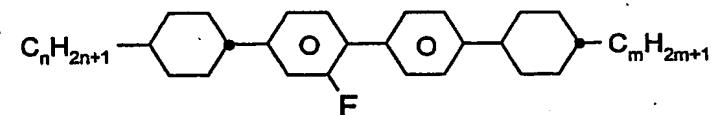
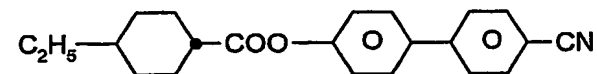
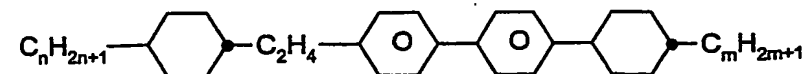
25

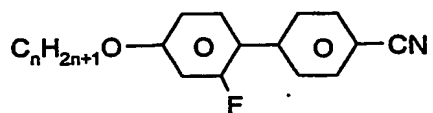
CGP-n-X(X = besonders F, Cl, CN = „N“, NCS = „S“ und CF₃ = „T“)

30

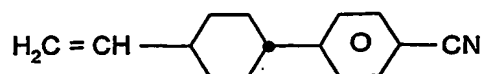
CGG-n-X(X = besonders F, Cl, CN = „N“, NCS = „S“ und CF₃ = „T“)

35

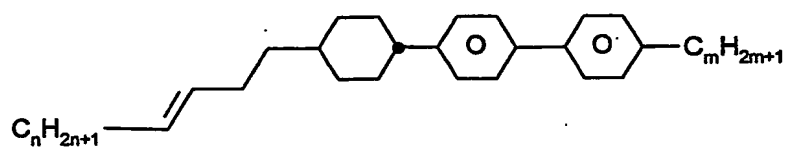
**CGU-n-X**(X = besonders F, Cl, CN = „N“, NCS = S und CF₃ = „T“)**Inm****C15****CB15****CBC-nm****CBC-nmF****CHE****ECBC-nm**

**GP-nO-N**

5

**CP-V-N**

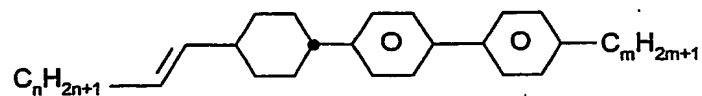
10

**CPP-nV2-m**

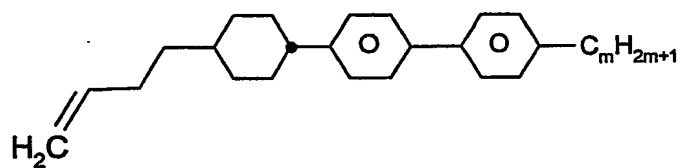
15

**CPP-V-m**

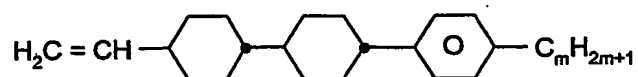
20

**CPP-nV-m**

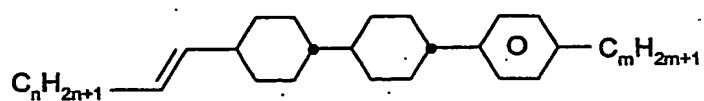
25

**CPP-V2-m**

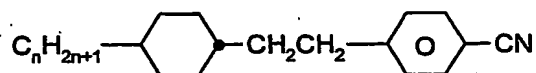
30

**CCP-V-m**

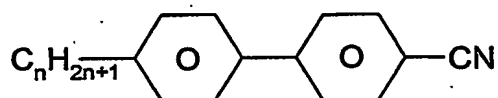
35

**CCP-nV-m**

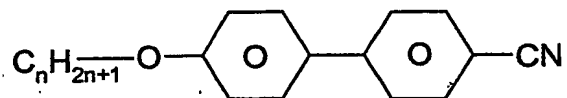
5

**G3'n**

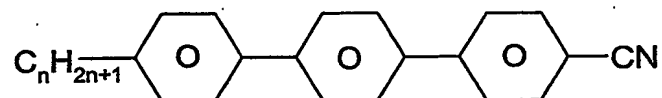
10

**K3-n**

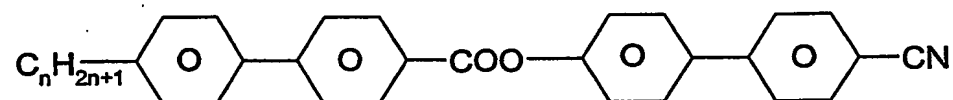
15

**M3-n**

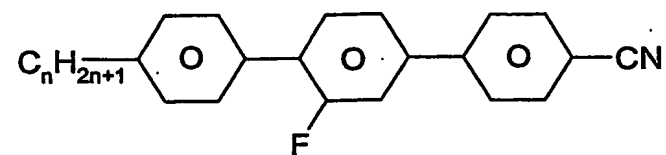
20

**T3-n**

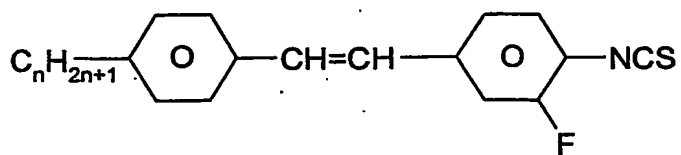
25

**BB3-n**

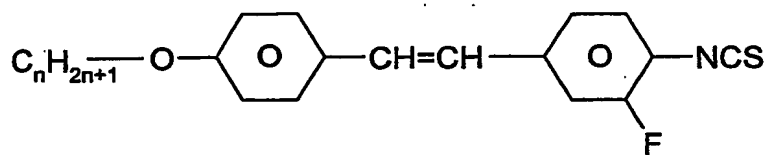
30

**PGIP-n-N**

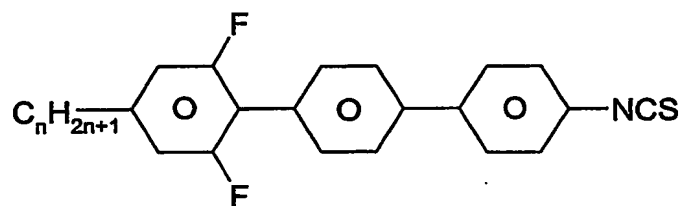
35



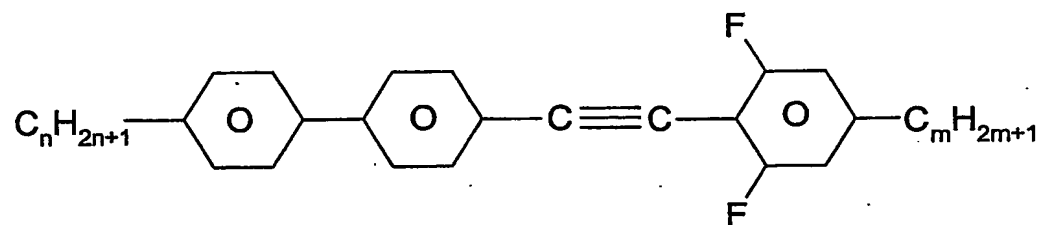
5

PVG-n-S

10

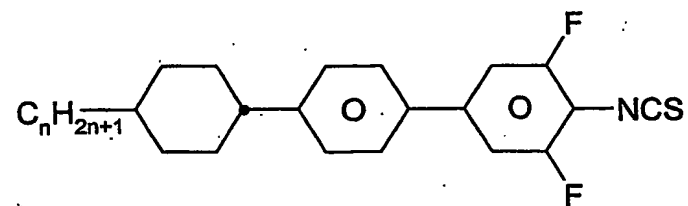
PVG-nO-S

15

UPP-n-S

20

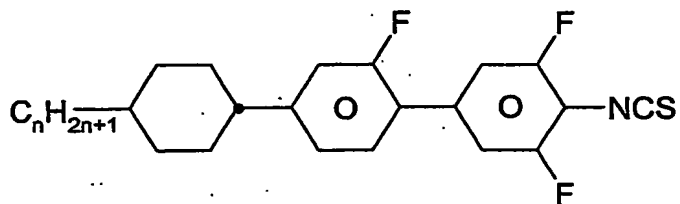
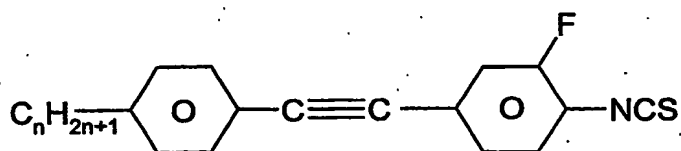
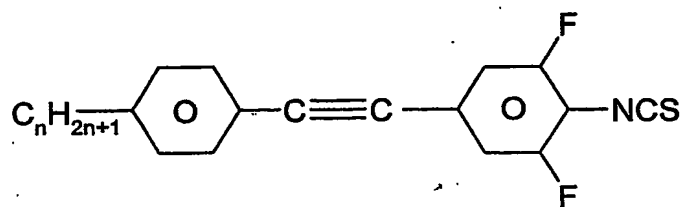
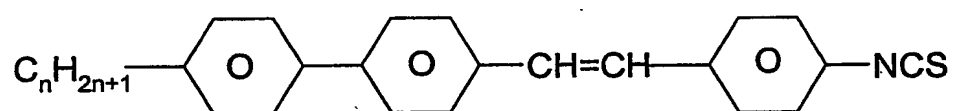
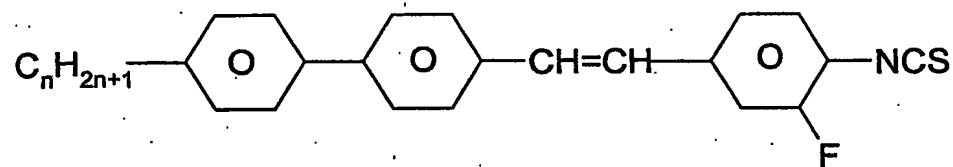
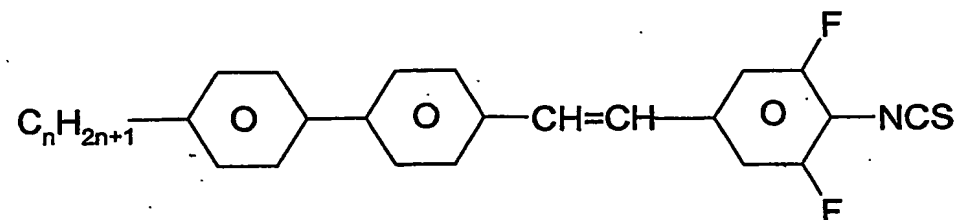
25

PPTUI-n-m

30

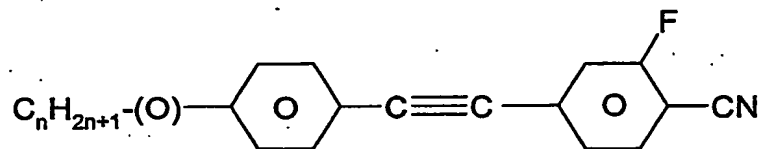
CPU-n-S

35

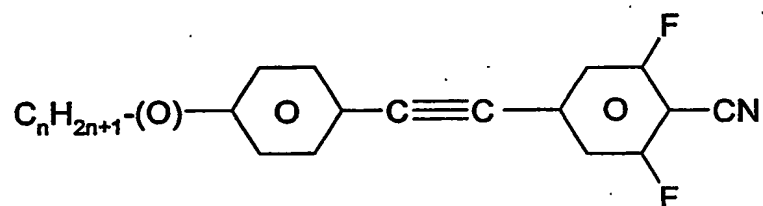
**CGU-n-S****PTG-n-S****PTU-n-S****PPVP-n-S****PPVG-n-S****PPVU-n-S**

35

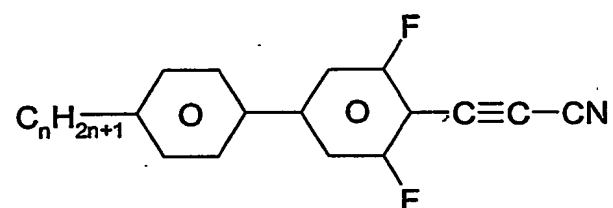
5

**PTG-n(O)-N**

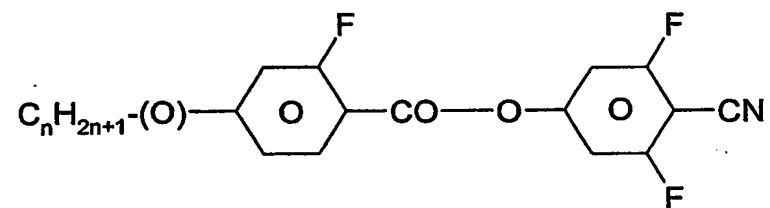
10

**PTU-n(O)-N**

15

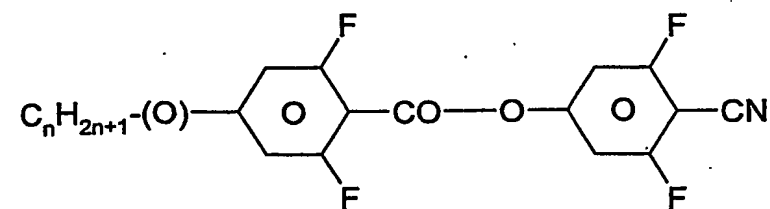
**PU-n-AN**

20

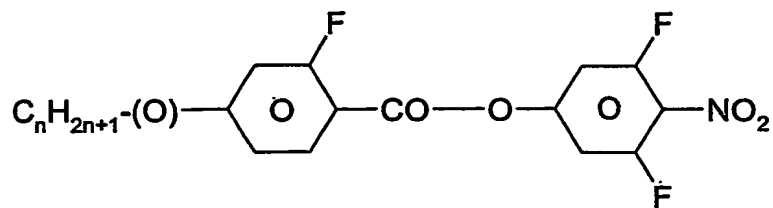
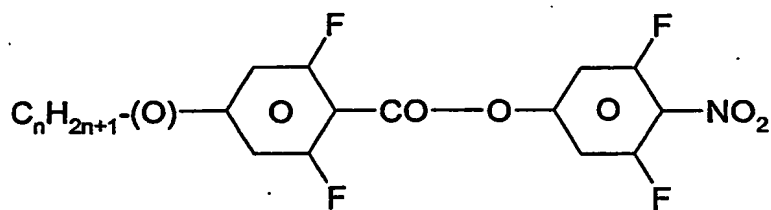
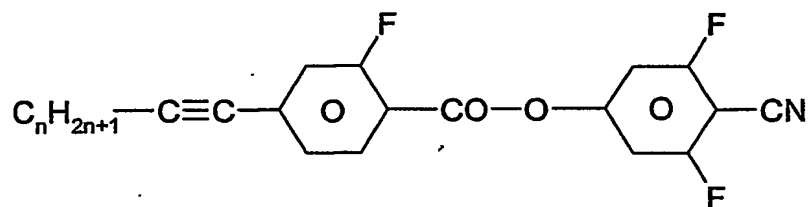
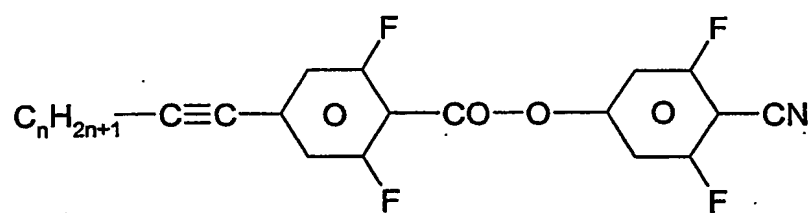
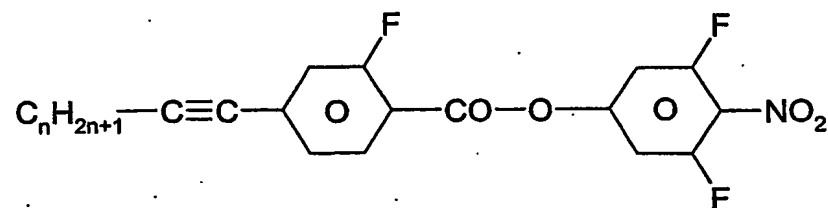
**GZU-n(O)-N**

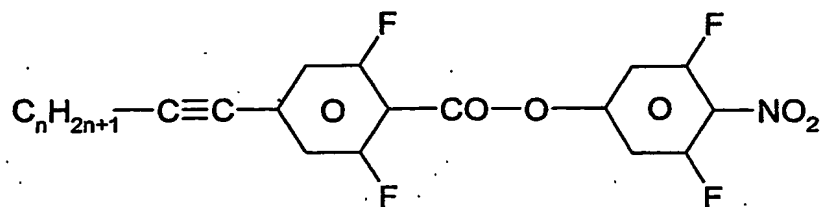
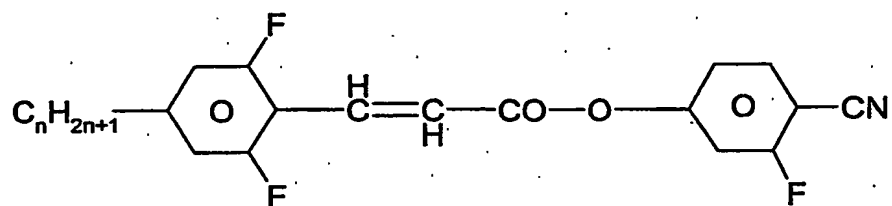
25

30

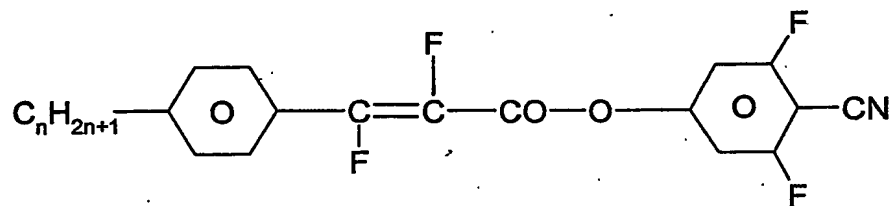
**UZU-n(O)-N**

35

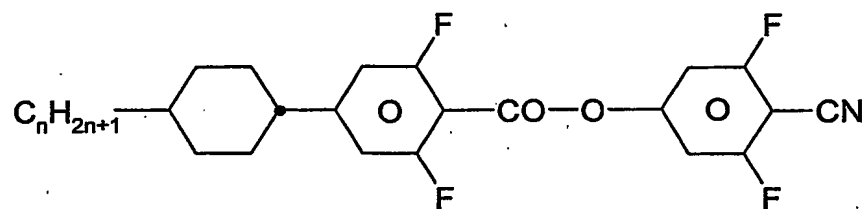
**GZU-n(O)-NO₂****UZU-n(O)-NO₂****GZU-nA-N****UZU-nA-N****GZU-nA-NO₂**

UZU-nA-NO₂

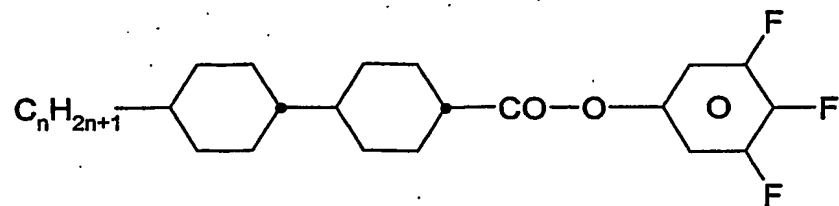
UVZG-n-N



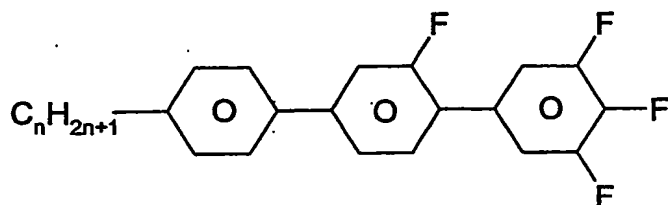
PWZU-3-N



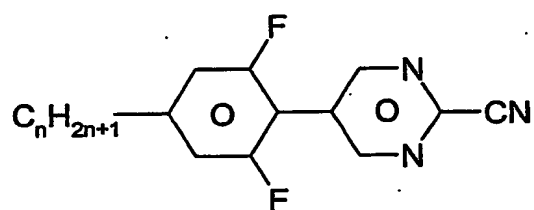
CUZU-n-N



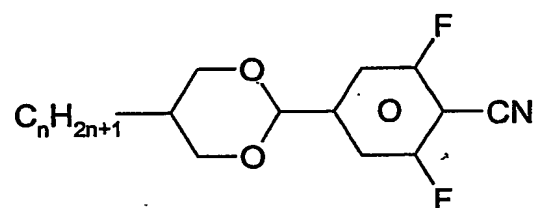
CCZU-n-F



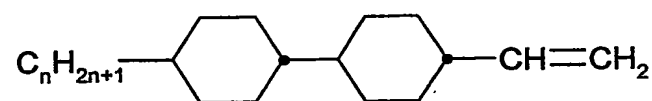
5

PGU-n-F

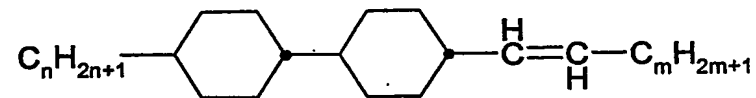
10

UM-n-N

15

DU-n-N

20

CC-n-V

25

CC-n-Vm

30

35

Die mesogenen Medien gemäß der vorliegenden Anmeldung enthalten bevorzugt

- vier oder mehr, bevorzugt sechs oder mehr, Verbindungen ausgewählt aus der Gruppe der Verbindungen der Tabellen A und B und/oder
- fünf oder mehr Verbindungen ausgewählt aus der Gruppe der Verbindungen der Tabelle B und/oder
- zwei oder mehr Verbindungen ausgewählt aus der Gruppe der Verbindungen der Tabelle A.

Beispiele

Die im Folgenden beschriebenen Beispiele illustrieren die vorliegende Erfindung ohne sie in irgend einer Art zu beschränken. Ferner zeigen sie dem Fachmann welche Eigenschaften und insbesondere welche Eigenschaftskombinationen mit der vorliegenden Erfindung erreicht werden können.

Vergleichsbeispiel 1

Die Flüssigkristallmischung mit der folgenden Zusammensetzung wurde hergestellt und untersucht.

Zusammensetzung			Physikalische Eigenschaften	
Verbindung #	Abkürzung	Konz. /Massen-%		
1	UM-3-N	10,0	$T(N,I)$	= 22,9 °C
2	GZU-3A-N	10,0	$n_e(20^\circ\text{C}, 589,3 \text{ nm})$	= 1,7298
3	UVZG-3-N	10,0	$\Delta n(20^\circ\text{C}, 589,3 \text{ nm})$	= 0,1765
4	PWZU-3-N	7,0	$\Delta \epsilon(20^\circ\text{C}, 1 \text{ kHz})$	> 0
5	PU-3-AN	16,0	$\Delta H(N,I)$	= 1,14 J/g
6	PU-5-AN	16,0	$T(N,I)+4^\circ$	= 26,9 °C
7	PTG-3-N	15,0	$\epsilon_{av}(T(N,I)+4^\circ)$	= 34,1
8	PTU-4O-N	15,0		
9	HP-3N.F	1,0	$T(N,I)+2^\circ$	= 24,9 °C
Σ		100,0	$V_{70}(T(N,I)+2^\circ)$	= 113 V

Diese Flüssigkristallmischung wurde in eine Testzelle gefüllt und bei einer Temperatur von 23,1°C, sowie bei 24,9°C (2° oberhalb des Klärpunkts) bezüglich ihrer elektrooptischen Eigenschaften untersucht.

5 Die verwendete Testzelle wies interdigitale Elektroden auf nur einem der beiden Substrate auf. Eine elektrooptische Testzelle mit einem Lichtschaltelement enthaltend die Flüssigkristallmischung wurde hergestellt. Die Substrate bestanden aus Glas. Es wurden Substrate ohne Orientierungsschicht und ohne Passivierungsschicht verwendet. Die
10 Elektrodenstruktur bestand aus ineinander verzahnten kammförmigen Elektroden. Der Abstand der Elektroden betrug 15 µm und die Breite der Elektroden voneinander betrug 10 µm. Die Schichtdicke der Elektroden betrug ca. 100 nm. Die Elektroden befanden sich alle in einer gemeinsamen Ebene. Die Schichtdicke des Steuermediums betrug ca.
15 10 µm.

Es wurde ein erster Polarisator vor und als Analysator ein zweiter Polarisator hinter der Zelle benutzt. Die Absorptionsachsen der beiden Polarisatoren bildeten einen Winkel von 90° zueinander. Der Winkel
20 zwischen der Achse der maximalen Absorption der Polarisatoren und der Komponente des elektrischen Felds in der Ebene der Anzeige betrug jeweils 45°. Die Spannungs-Transmissions-Kennlinie wurde mit einem elektrooptischen Meßplatz DMS 703 der Firma Autronic-Melchers, Karlsruhe, Deutschland bestimmt. Bei senkrechter Beobachtung wurde
25 eine Kurve erhalten wie sie für eine Zelle mit elektrisch kontrollierter Doppelbrechung (z. B. ECB) typisch ist.

Bei 23,1°C liegt der Wert der Schwellenspannung (V_{10}) bei 36,5 V, der Wert der Mittgrauspannung (V_{50}) bei 28 V und der Wert der
30 Sättigungsspannung (V_{90}) bei 31,5 V. Das Maximum des relativen Kontrasts liegt bei 34 V. Bei 24,9°C beträgt V_{70} der 113 V. Diese Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

35

Tabelle 1: Charakteristische Spannungen

Beispiel:	V.1	V.2	V.3	1	2	5	8
Physikalische Parameter							
$\Delta H(N,I) / \text{J/g}$	1,14	1,20	0,80	0,89	0,75	0,52	0,51
$\epsilon_{av.}(T(N,I)+4^\circ)$	23,1	24,0	58,5	41,5	48,0	55,0	62,2
Kennlinie							
Elektrodenabstand 10 μm							
Elektrodenbreite 10 μm							
$T / ^\circ\text{C}$	23,1	24,0	24,0	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
$V_{10}(T) / \text{V}$	36,5	22,0	40,5	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
$V_{50}(T) / \text{V}$	28,0	35,5	56,0	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
$V_{90}(T) / \text{V}$	31,5	44,5	65,5	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Elektrodenabstand 15 μm							
Elektrodenbreite 10 μm							
$T(N,I)+2^\circ / ^\circ\text{C}$	24,9	25,8	25,7	34,4	37,6	7,7	16,3
$V_{70}(T(N,I)+2^\circ) / \text{V}$	113	134	71	103	102	67	70
$dV_{70}/dT / \text{V/}^\circ$	n.b.	38	18	n.b.	n.b.	17	17
$dV_{70}^*/dT / \text{%/}^\circ$	n.b.	28	25	n.b.	n.b.	25	24

Bemerkungen: n.b.: nicht bestimmt,
 dV_{70}/dT : $[V_{70}(T(N,I)+3^\circ) - V_{70}(T(N,I)+1^\circ)] / 2^\circ$ und
 dV_{70}^*/dT : $[V_{70}(T(N,I)+3^\circ) - V_{70}(T(N,I)+1^\circ)] /$
 $[V_{70}(T(N,I)+2^\circ) \cdot 2^\circ]$

Wie man aus dieser Tabelle ersehen kann, sind die charakteristischen Spannungen der Flüssigkristallschaltelemente der Beispiele 1, 2, 5 und 8 signifikant niedriger als die der Vergleichsbeispiele 1 und 2. Die Erniedrigung liegt im Vergleich von Beispiel 1 zu Vergleichsbeispiel 1 bereits bei ca. 10 % und im Vergleich zu Vergleichsbeispiel 2 bei ca. 25 %.

Vergleichsbeispiel 2

Die Flüssigkristallmischung mit der folgenden Zusammensetzung wurde hergestellt und untersucht. Die Zusammensetzung und die Eigenschaften der Mischung sind in der folgenden Tabelle zusammengefaßt.

Zusammensetzung			Physikalische Eigenschaften	
Verbindung #	Abkürzung	Konz. /Massen-%		
1	ME2N.F	3,0	$T(N,I)$	= 23,8 °C
2	ME3N.F	3,0	$n_e(20^\circ\text{C}, 589,3 \text{ nm})$	= 1,6971
3	ME4N.F	8,0	$\Delta n(20^\circ\text{C}, 589,3 \text{ nm})$	= 0,1456
4	ME5N.F	8,0	$\varepsilon_{ }(20^\circ\text{C}, 1 \text{ kHz})$	= 47,4
5	UM-3-N	4,0	$\Delta \varepsilon(20^\circ\text{C}, 1 \text{ kHz})$	= 27,3
6	PTG-3-N	8,0	$\Delta H(N,I)$	= 1,20 J/g
7	PTG-5-N	8,0	$T(N,I)+4^\circ$	= 27,8 °C
8	PTU-4O-N	8,0	$\varepsilon_{av.}(T(N,I)+4^\circ)$	= 24,0
9	PU-3-AN	8,0	$T(N,I)+2^\circ$	= 25,8 °C
10	PU-5-AN	8,0	$V_{70}(T(N,I)+2^\circ)$	= 134 V
11	PGU-2-F	10,0	$dV/dT(T(N,I)+2^\circ)$	= 38 V/°
12	PGU-3-F	10,0		
13	PGU-5-F	10,0		
14	HP-3N.F	4,0		
Σ		100,0		

Wie bei Vergleichsbeispiel 1 wird eine elektro-optische Anzeige realisiert und deren Kennlinie vermessen. Bei einer Temperatur von 24,0°C beträgt der Wert der Schwellenspannung (V_{10}) 22 V, der Wert der Mittgrauspannung (V_{50}) 35,5 V und der Wert der Sättigungsspannung (V_{90}) 44,5 V.

Bei einer Temperatur von 2 Grad oberhalb der Klärpunkts beträgt V_{70} 134 V.

Diese Ergebnisse sind zum Vergleich mit denen des Vergleichsbeispiels 1 Tabelle 1 enthalten.

Beispiel 1

Die Flüssigkristalmischung mit der folgenden Zusammensetzung wurde hergestellt und untersucht.

Zusammensetzung			Physikalische Eigenschaften	
Verbindung #	Abkürzung	Konz. /Massen-%		
1	CCG-V-F	15,0	$T(N,I)$	= 32,4 °C
2	UZU-3A-N	10,2	$\Delta\epsilon(20^\circ\text{C}, 1\text{ kHz})$	> 0
3	UZU-5A-N	10,2	$\Delta H(N,I)$	= 0,89 J/g
4	GZU-3A-N	10,2	$T(N,I)+4^\circ$	= 36,4 °C
5	GZU-4A-N	9,35	$\epsilon_{av.}(T(N,I)+4^\circ)$	= 41,5
6	GZU-4O-N	8,5		
7	UVZG-3-N	8,5	$T(N,I)+2^\circ$	= 34,4 °C
8	CUZU-2-N	8,5	$V_{70}(T(N,I)+2^\circ)$	= 103 V
9	CUZU-3-N	8,5		
10	CUZU-4-N	8,5		
11	HP-5N.F	2,55		
Σ		100,0		

Die Mischung wird in eine Testzelle gefüllt und wie im Vergleichsbeispiel 1 beschrieben untersucht. Insbesondere werden ihre elektrooptischen Eigenschaften bei einer Temperatur von 34,4°C bestimmt.

Die so erhaltene Zelle erreichte bei einer Spannung von 103 V 70 % relativen Kontrast.

Diese Ergebnisse sind zum Vergleich mit denen der Vergleichsbeispiele 1 und 2 in Tabelle 1 enthalten.

Beispiel 2

Die Flüssigkristalmischung mit der folgenden Zusammensetzung wurde hergestellt und untersucht.

Zusammensetzung			Physikalische Eigenschaften	
Verbindung #	Abkürzung	Konz. /Massen-%		
1	GZU-4-N	15,0	$T(N,I)$	= 35,6 °C
2	GZU-4O-N	12,0	$\Delta\epsilon(20^\circ\text{C}, 1\text{ kHz})$	> 0
3	GZU-V2-N	12,0	$\Delta H(N,I)$	= 0,75 J/g
4	UM-3-N	9,0	$T(N,I)+4^\circ$	= 39,6 °C
5	PYP-4N.F.F	6,8	$\epsilon_{av.}(T(N,I)+4^\circ)$	= 48,0
6	CUZU-2-N	12,0	$T(N,I)+2^\circ$	= 37,6 °C
7	CUZU-3-N	12,0	$V_{70}(T(N,I)+2^\circ)$	= 102 V
8	CUZU-4-N	12,0		
9	HP-3N.F	7,0		
10	HP-5N.F	<u>2,2</u>		
Σ		100,0		

Die Mischung wird in eine Testzelle gefüllt und wie im Vergleichsbeispiel 1 beschrieben untersucht. Insbesondere werden ihre elektrooptischen Eigenschaften bei einer Temperatur von 37,6 C bestimmt.

Die so erhaltene Zelle erreichte bei einer Spannung von 102 V 70 % relativen Kontrast. Diese Ergebnisse sind, zum Vergleich mit denen der Vergleichsbeispiele 1 und 2, ebenfalls in Tabelle 1 enthalten.

Beispiele 3 bis 8 und Vergleichsbeispiele 3 bis 22

Die Flüssigkristalmischungen mit den folgenden Zusammensetzung werden hergestellt und untersucht.

Beispiel 3

Zusammensetzung			Physikalische Eigenschaften	
Verbindung # Abkürzung	Konz. /Massen-%		$T(N,I)$	= 37,4 °C
1 UZU-3A-N	16,0		$\Delta\epsilon(20^\circ\text{C}, 1 \text{ kHz})$	> 0
2 UZU-5A-N	18,0		$\Delta H(N,I)$	= 0,75 J/g
3 GZU-4O-N	15,0		$T(N,I)+4^\circ$	= 52,7 °C
4 CUZU-2-N	18,0		$\epsilon_{av.}(T(N,I)+4^\circ)$	= 41,5
5 CUZU-3-N	15,0			
6 CUZU-4-N	<u>18,0</u>		$T(N,I)+2^\circ$	= 39,4 °C
Σ	100,0		$V_{70}(T(N,I)+2^\circ)$	= 88 V

Beispiel 4

Zusammensetzung			Physikalische Eigenschaften	
Verbindung # Abkürzung	Konz. /Massen-%		$T(N,I)$	= 22,0 °C
1 UVZG-3-N	15,0		$\Delta\epsilon(20^\circ\text{C}, 1 \text{ kHz})$	> 0
2 GZU-4-N	4,0		$\Delta H(N,I)$	= 0,92 J/g
3 GZU-4O-N	15,0		$T(N,I)+4^\circ$	= 26,0 °C
4 UM-3-N	10,0		$\epsilon_{av.}(T(N,I)+4^\circ)$	= 55,8
5 DU-2-N	15,0			
6 CUZU-2-N	15,0		$T(N,I)+2^\circ$	= 24,0 °C
7 CUZU-3-N	15,0		$V_{70}(T(N,I)+2^\circ)$	= 101 V
8 CUZU-4-N	<u>11,0</u>			
Σ	100,0			

Vergleichsbeispiel 3

Zusammensetzung			Physikalische Eigenschaften	
Verbindung	Konz.			
#	Abkürzung	/Massen-%		
1	UZU-3A-N	12,0	$T(N,I)$	= 23,7 °C
2	UZU-5A-N	12,0	$n_e(20^\circ\text{C}, 589,3 \text{ nm})$	= 1,6187
3	GZU-3A-N	12,0	$\Delta n(20^\circ\text{C}, 589,3 \text{ nm})$	= 0,0925
4	GZU-4A-N	11,0	$\Delta \varepsilon(20^\circ\text{C}, 1 \text{ kHz})$	> 0
5	GZU-4O-N	10,0	$\Delta H(N,I)$	= 0,80 J/g
6	UVZG-3-N	10,0	$T(N,I)+4^\circ$	= 27,7 °C
7	CUZU-2-N	10,0	$\varepsilon_{av}(T(N,I)+4^\circ)$	= 58,5
8	CUZU-3-N	10,0	$T(N,I)+2^\circ$	= 25,7 °C
9	CUZU-4-N	10,0	$V_{70}(T(N,I)+2^\circ)$	= 71 V
10	HP-5N.F	3,0	$dV/dT(T(N,I)+2^\circ)$	= 18 V/°
Σ		100,0		

Wie bei Beispiel 1 wurde die Mischung bei einer Temperatur von 2 oberhalb des Klärpunkts in einer Testzelle bezüglich ihrer elektrooptischen Eigenschaften untersucht, insbesondere wurde V_{70} zu 71 V bestimmt.

Außerdem wurde die Mischung bei einer Temperatur von 24,0°C in einer Testzelle bezüglich ihrer elektrooptischen Eigenschaften untersucht. Der Wert der Schwellenspannung (V_{10}) lag bei 40,5 V, der Wert der Mittgrauspannung (V_{50}) bei 56 V und der Wert der Sättigungsspannung (V_{90}) bei 65 V. Der maximale Kontrast wurde bei 73 V erreicht. Bei Spannungen von 80 V bzw. 90 V sank der relative Kontrast wieder auf 90 % bzw. 50 % ab.

Diese Ergebnisse sind, zum Vergleich mit denen der Vergleichsbeispiele 1 und 2 und der Beispiele 1 und 2, ebenfalls in Tabelle 1 enthalten.

Vergleichsbeispiel 4

Zusammensetzung			Physikalische Eigenschaften	
Verbindung	Konz.	/Massen-%	T(N,I)	= 24,8 °C
# Abkürzung			$\Delta\epsilon(20^\circ\text{C}, 1 \text{ kHz})$	> 0
1 UM-3-N	10,0		$\Delta H(N,I)$	= 0,82 J/g
2 PYP-3N.F.F	15,0		T(N,I)+4°	= 28,8 °C
3 UZU-3A-N	12,0		$\epsilon_{av.}(T(N,I)+4^\circ)$	= 60,5
4 GZU-3A-N	12,0		T(N,I)+2°	= 26,8 °C
5 GZU-4-N	1,0		$V_{70}(T(N,I)+2^\circ)$	= 79 V
6 GZU-4O-N	10,0			
7 UVZG-3-N	10,0			
8 CUZU-2-N	10,0			
9 CUZU-3-N	10,0			
10 HP-3N.F	<u>10,0</u>			
Σ	100,0			

Beispiel 5

Zusammensetzung			Physikalische Eigenschaften	
Verbindung	Konz.	/Massen-%	T(N,I)	= 5,7 °C
# Abkürzung			$\Delta\epsilon(20^\circ\text{C}, 1 \text{ kHz})$	> 0
1 UZU-3A-N	7,5		$\Delta H(N,I)$	= 0,52 J/g
2 GZU-3A-N	15,0		T(N,I)+4°	= 9,7 °C
3 GZU-4A-N	15,0		$\epsilon_{av.}(T(N,I)+4^\circ)$	= 55,0
4 GZU-4O-N	15,0		T(N,I)+2°	= 7,7 °C
5 PU-3-AN	10,0		$V_{70}(T(N,I)+2^\circ)$	= 67 V
6 PTU-4O-N	15,0		$dV/dT(T(N,I)+2^\circ)$	= 17 V/°
6 CUZU-2-N	15,0			
7 CUZU-3-N	<u>7,5</u>			
Σ	100,0			

Beispiel 6

Zusammensetzung			Physikalische Eigenschaften	
Verbindung	Konz.	/Massen-%	T(N,I)	= 24,0 °C
# Abkürzung			$\Delta\epsilon(20^\circ\text{C}, 1\text{ kHz})$	> 0
1 UZU-3A-N	12,0		$\Delta H(N,I)$	= 0,55 J/g
2 UZU-5A-N	4,5		T(N,I)+4°	= 28,0 °C
3 GZU-3A-N	12,0		$\epsilon_{av.}(T(N,I)+4^\circ)$	= 60,2
4 GZU-4A-N	12,0		T(N,I)+2°	= 26,0 °C
5 GZU-4-N	10,0		$V_{70}(T(N,I)+2^\circ)$	= 75 V
6 GZU-4O-N	11,0			
7 CUZU-2-N	11,0			
8 CUZU-3-N	11,0			
9 CUZU-4-N	11,0			
10 HP-3N.F	<u>5,5</u>			
Σ	100,0			

Beispiel 7

Zusammensetzung			Physikalische Eigenschaften	
Verbindung	Konz.	/Massen-%	T(N,I)	= 22,5 °C
# Abkürzung			$\Delta\epsilon(20^\circ\text{C}, 1\text{ kHz})$	> 0
1 UZU-3A-N	15,0		$\Delta H(N,I)$	= 0,57 J/g
2 UZU-5A-N	5,6		T(N,I)+4°	= 26,5 °C
3 GZU-3A-N	15,0		$\epsilon_{av.}(T(N,I)+4^\circ)$	= 60,8
4 GZU-4A-N	15,0		T(N,I)+2°	= 24,5 °C
5 GZU-4O-N	12,0		$V_{70}(T(N,I)+2^\circ)$	= 69 V
6 CUZU-2-N	11,0			
7 CUZU-3-N	11,0			
8 CUZU-4-N	11,0			
9 HP-3N.F	<u>4,4</u>			
Σ	100,0			

Beispiel 8

Zusammensetzung			Physikalische Eigenschaften	
Verbindung	Konz.	/Massen-%	T(N,l)	= 14,3 °C
# Abkürzung			$\Delta\epsilon(20^\circ\text{C}, 1\text{ kHz})$	> 0
1 UZU-5A-NO ₂	10,0	10,8	$\Delta H(N,l)$	= 0,51 J/g
2 UZU-3A-N	10,8		T(N,l)+4°	= 18,3 °C
3 UZU-5A-N	10,8		$\epsilon_{av.}(T(N,l)+4^\circ)$	= 62,2
4 GZU-3A-N	10,8		T(N,l)+2°	= 16,3 °C
5 GZU-4A-N	9,9	9,0	$V_{70}(T(N,l)+2^\circ)$	= 70 V
6 GZU-4O-N	9,0		$dV/dT(T(N,l)+2^\circ)$	= 17 V/°
7 UVZG-3-N	9,0			
8 CUZU-2-N	9,0			
9 CUZU-3-N	9,0	9,0		
10 CUZU-4-N	9,0			
11 HP-5N.F	<u>2,7</u>			
Σ	100,0			

Diese Ergebnisse sind, zum Vergleich mit denen der Vergleichsbeispiele 1 bis 3 und der Beispiele 1 und 2, ebenfalls in Tabelle 1 enthalten.

Vergleichsbeispiel 5

Zusammensetzung			Physikalische Eigenschaften	
Verbindung	Konz.	/Massen-%	T(N,l)	= 23,5 °C
# Abkürzung			$n_e(20^\circ\text{C}, 589,3\text{ nm})$	= 1,6138
1 CGU-2-F	11,0	11,0	$\Delta n(20^\circ\text{C}, 589,3\text{ nm})$	= 0,0854
2 CGU-3-F	11,0		$\epsilon_{ }(20^\circ\text{C}, 1\text{ kHz})$	= 16,5
3 CGU-5-F	10,0		$\Delta\epsilon(20^\circ\text{C}, 1\text{ kHz})$	= 9,1
4 BCH-3F.F.F	18,0		T(N,l)+4°	= 27,5 °C
5 BCH-5F.F.F	14,0	11,0	$\epsilon_{av.}(T(N,l)+4^\circ)$	< 12,9
6 PGU-2-F	11,0		T(N,l)+2°	= 25,5 °C
7 PGU-3-F	11,0		$V_{70}(T(N,l)+2^\circ)$	= 63 V
8 BCH-32	<u>3,0</u>			
Σ	100,0			

Vergleichsbeispiel 6

Zusammensetzung			Physikalische Eigenschaften	
Verbindung		Konz.	T(N,l)	= 29,6 °C
#	Abkürzung	/Massen-%	$n_e(20^{\circ}\text{C}, 589,3 \text{ nm})$	= 1,7549
1	ME2N.F	10,0	$\Delta n(20^{\circ}\text{C}, 589,3 \text{ nm})$	= 0,2092
2	UM-3-N	8,5	$\eta_l(20^{\circ}\text{C}, 1 \text{ kHz})$	= 59,2
3	PTG-3-N	15,0	$\Delta \varepsilon(20^{\circ}\text{C}, 1 \text{ kHz})$	= 42,9
4	PTG-5-N	15,0	$\Delta H(N,l)$	= 0,95 J/g
5	PU-3-AN	15,0		
6	PU-5-AN	15,0		
7	PTU-4O-N	15,0	$T(N,l)+4^{\circ}$	= 33,6 °C
8	HP-3N.F	<u>6,5</u>	$\varepsilon_{av.}(T(N,l)+4^{\circ})$	= 26,4
Σ		100,0		

Vergleichsbeispiel 7

Zusammensetzung			Physikalische Eigenschaften		
Verbindung		Konz.	T(N,l)	=	21,0 °C
#	Abkürzung	/Massen-%	$\Delta\varepsilon(20^{\circ}\text{C}, 1 \text{ kHz})$	>	0
1	UM-3-N	8,0	$\Delta H(N,l)$	=	0,81 J/g
2	GZU-3A-N	8,0			
3	UVZG-3-N	8,0	T(N,l)+4°	=	25,0 °C
4	PWZU-3-N	10,0			
5	PYP-40N.F.F	6,0	$\varepsilon_{av.}(T(N,l)+4^{\circ})$	=	34,8
6	PU-3-AN	15,0			
7	PU-5-AN	15,0			
8	PTG-3-N	15,0			
9	PTU-4O-N	<u>15,0</u>			
Σ		100,0			

Vergleichsbeispiel 8

Zusammensetzung			Physikalische Eigenschaften	
Verbindung	Konz.	# Abkürzung	T(N,I) = 24,2 °C n _e (20°C, 589,3 nm) = 1,6857 Δn(20°C, 589,3 nm) = 0,1405 ε _l (20°C, 1 kHz) = 45,8 Δε(20°C, 1 kHz) = 27,8 ΔH(N,I) = 0,62 J/g T(N,I)+4° = 28,2 °C ε _{av} .(T(N,I)+4°) = 24,7	
	/Massen-%			
1	PTG-3-N	15,0		
2	PTP-5-N	15,0		
3	PTU-40-N	15,0		
4	PU-5-AN	9,0		
5	PGU-5-F	14,0		
6	HP-3N.F	7,0		
7	HP-3N.F	8,0		
8	DU-2-N	15,0		
9	PCH-3N.F.F	2,0		
Σ		100,0		

Vergleichsbeispiel 9

Zusammensetzung			Physikalische Eigenschaften	
Verbindung	Konz.	# Abkürzung	T(N,I) = 30,1 °C n _e (20°C, 589,3 nm) = 1,6095 Δn(20°C, 589,3 nm) = 0,1035 ε _l (20°C, 1 kHz) = 62,6 Δε(20°C, 1 kHz) = 45,9 ΔH(N,I) = 0,92 J/g T(N,I)+4° = 34,1 °C ε _{av} .(T(N,I)+4°) = 26,7	
	/Massen-%			
1	CCP-2F.F.F	10,0		
2	CCP-3F.F.F	10,0		
3	CCP-5F.F.F	10,0		
4	ME2N.F	10,0		
5	ME3N.F	10,0		
6	ME4N.F	7,0		
7	ME5N.F	15,0		
8	DU-2-N	6,0		
9	PCH-5N.F.F	2,0		
10	UM-3-N	10,0		
11	HP-3N.F	10,0		
Σ		100,0		

Vergleichsbeispiel 10

Zusammensetzung			Physikalische Eigenschaften	
Verbindung #	Abkürzung	Konz. /Massen-%		
1	UM-3-N	6,0	$T(N,I)$	= 29,0 °C
2	GZU-3A-N	10,0	$\Delta\epsilon(20^\circ\text{C}, 1 \text{ kHz})$	= > 0
3	UVZG-3-N	12,0	$\Delta H(N,I)$	= 0,79 J/g
4	PWZU-3-N	10,0	$T(N,I)+4^\circ$	= 33,0 °C
5	PU-3-AN	15,0	$\epsilon_{av.}(T(N,I)+4^\circ)$	= 35,2
6	PU-5-AN	15,0		
7	PTG-3-N	15,0		
8	PTU-4O-N	15,0		
9	HP-3N.F	2,0		
Σ		100,0		

Vergleichsbeispiel 11

Zusammensetzung			Physikalische Eigenschaften	
Verbindung #	Abkürzung	Konz. /Massen-%		
1	CGU-2-F	11,0	$T(N,I)$	= 11,5 °C
2	CGU-3-F	11,0	$\Delta\epsilon(20^\circ\text{C}, 1 \text{ kHz})$	= > 0
3	CGU-5-F	10,0	$T(N,I)+4^\circ$	= 15,5 °C
4	BCH-3F.F.F	16,0	$\epsilon_{av.}(T(N,I)+4^\circ)$	< 11
5	BCH-5F.F.F	14,0		
6	PGU-2-F	10,0		
7	PGU-3-F	10,0		
8	PGU-5-F	9,0		
9	PCH-7F	9,0		
Σ		100,0		

Vergleichsbeispiel 12

Zusammensetzung			Physikalische Eigenschaften		
Verbindung	Konz.	# Abkürzung /Massen-%	T(N,l)	=	15,5 °C
			$\Delta\epsilon(20^\circ\text{C}, 1\text{ kHz})$	>	0
1 CGU-2-F	12,0		T(N,l)+4°	=	19,5 °C
2 CGU-3-F	12,0		$\epsilon_{\text{av.}}(T(N,l)+4^\circ)$	<	11
3 CGU-5-F	11,0				
4 BCH-3F.F.F	18,0				
5 BCH-5F.F.F	14,0				
6 PGU-2-F	11,0				
7 PGU-3-F	10,0				
8 PGU-5-F	<u>11,0</u>				
Σ	100,0				

Vergleichsbeispiel 13

Zusammensetzung			Physikalische Eigenschaften		
Verbindung	Konz.	# Abkürzung /Massen-%	T(N,l)	=	42,3 °C
			$\Delta\epsilon(20^\circ\text{C}, 1\text{ kHz})$	>	0
1 ME2N.F	3,0		$\Delta H(N,l)$	=	0,80 J/g
2 ME3N.F	3,0		T(N,l)+4°	=	46,3 °C
3 ME4N.F	5,0		$\epsilon_{\text{av.}}(T(N,l)+4^\circ)$	=	21,2
4 ME5N.F	3,0				
5 UM-3-N	4,0				
6 PTG-3-N	8,0				
7 PTG-5-N	8,0				
8 PTU-4O-N	7,0				
9 PU-3-AN	8,0				
10 PU-5-AN	8,0				
11 PGU-2-F	10,0				
12 PGU-3-F	10,0				
13 PGU-5-F	10,0				
14 HP-3N.F	5,0				
15 HP-4N.F	5,0				
16 HP-5N.F	<u>4,0</u>				
Σ	100,0				

Vergleichsbeispiel 14

Zusammensetzung			Physikalische Eigenschaften	
Verbindung	Konz.	/Massen-%	T(N,I)	= 16,0 °C
# Abkürzung			$\Delta\epsilon(20^\circ\text{C}, 1\text{ kHz})$	> 0
1 ME2N.F	3,0		$\Delta H(N,I)$	= 0,82 J/g
2 ME3N.F	3,0		T(N,I)+4°	= 20,0 °C
3 ME4N.F	8,0		$\epsilon_{av.}(T(N,I)+4^\circ)$	= 24,7
4 ME5N.F	9,0			
5 UM-3-N	4,0			
6 PTG-3-N	9,0			
7 PTG-5-N	8,0			
8 PTU-4O-N	8,0			
9 PU-3-AN	9,0			
10 PU-5-AN	9,0			
11 PGU-2-F	10,0			
12 PGU-3-F	10,0			
13 PGU-5-F	10,0			
Σ	100,0			

Vergleichsbeispiel 15

Zusammensetzung			Physikalische Eigenschaften	
Verbindung	Konz.	/Massen-%	T(N,I)	= 16,0 °C
# Abkürzung			$\Delta\epsilon(20^\circ\text{C}, 1\text{ kHz})$	< 0
1 YY-2-O2	8,0		T(N,I)+4°	= 20,0 °C
2 YY-3-O2	8,0		$\epsilon_{av.}(T(N,I)+4^\circ)$	< 3,0
3 YY-4O-O4	10,0			
4 YY-V10-O1V	8,0			
5 PY-3-O2	15,0			
6 PY-1-O2	11,0			
7 CYY-3-O2	10,0			
8 CYY-5-O2	10,0			
9 PTP-302FF	10,0			
10 PTP-502FF	10,0			
Σ	100,0			

Vergleichsbeispiel 16

Zusammensetzung			Physikalische Eigenschaften	
Verbindung	Konz.	# Abkürzung	T(N,l) = 16,0 °C $\Delta\epsilon(20^\circ\text{C}, 1\text{ kHz}) < 0$	
	/Massen-%			
1 YY-2-O2	8,0		T(N,l)+4° = 20,0 °C $\epsilon_{av}(T(N,l)+4^\circ) < 3,5$	
2 YY-3-O2	8,0			
3 YY-3O-O4	6,0			
4 YY-4O-O4	6,0			
5 YY-V1O-O1V	6,0			
6 PY-3-O2	9,0			
7 PY-1-O2	12,0			
8 CYY-3-O2	9,0			
9 CYY-5-O2	9,0			
10 PTP-302FF	10,0			
11 PTP-302FF	10,0			
12 CPY-3-O2	5,0			
13 CCYY-2-O2	2,0			
Σ	100,0			

Vergleichsbeispiel 17

Zusammensetzung			Physikalische Eigenschaften	
Verbindung	Konz.	# Abkürzung	T(N,l) = 41,0 °C $n_e(20^\circ\text{C}, 589,3\text{ nm}) = 1,6157$ $\Delta n(20^\circ\text{C}, 589,3\text{ nm}) = 0,1066$ $\epsilon_{ }(20^\circ\text{C}, 1\text{ kHz}) = 5,7$ $\Delta\epsilon(20^\circ\text{C}, 1\text{ kHz}) = 2,4$	
	/Massen-%			
1 PYP-5F	25,0		T(N,l)+4° = 45,0 °C $\epsilon_{av}(T(N,l)+4^\circ) < 4,1$	
2 PCH-32	16,5			
3 PCH-301	15,0			
4 PCH-302	11,3			
5 BCH-32	14,3			
6 BCH-52	10,5			
7 CBC-33	3,7			
8 CBC-53	3,7			
Σ	100,0			

Vergleichsbeispiel 18

Zusammensetzung			Physikalische Eigenschaften	
Verbindung		Konz.	T(N,I)	= 27,0 °C
#	Abkürzung	/Massen-%	n _e (20°C, 589,3 nm)	= 1,6470
1	PCH-5F	14,6	Δn(20°C, 589,3 nm)	= 0,1350
2	PCH-6F	12,9	ε (20°C, 1 kHz)	= 7,4
3	PCH-7F	12,5	Δε(20°C, 1 kHz)	= 3,6
4	PTP-20F	15,2		
5	PTP-40F	19,1	T(N,I)+4°	= 31,0 °C
6	PTP-60F	<u>25,7</u>	ε _{av.} (T(N,I)+4°)	< 5,6
Σ		100,0		

Vergleichsbeispiel 19

Zusammensetzung			Physikalische Eigenschaften	
Verbindung		Konz.	T(N,I)	= 30,0 °C
#	Abkürzung	/Massen-%	n _e (20°C, 589,3 nm)	= 1,5856
1	CCP-2F.F.F	4,0	Δn(20°C, 589,3 nm)	= 0,1007
2	CCP-20CF3	4,0	ε (20°C, 1 kHz)	= 14,5
3	CCP-30CF3	5,0	Δε(20°C, 1 kHz)	= 10,6
4	CCP-40CF3	2,0		
5	PCH-3	6,0	T(N,I)+4°	= 34,0 °C
6	K9	4,0	ε _{av.} (T(N,I)+4°)	< 4,7
7	BCH-3F.F.F	12,0		
8	CGU-2-F	10,0		
9	CGU-3-F	6,0		
10	CCZU-2-F	5,0		
11	CCZU-3-F	16,0		
12	CCZU-5-F	5,0		
13	CC-5-V	2,0		
14	CCP-V-1	10,0		
15	CC-3-V1	<u>9,0</u>		
Σ		100,0		

Vergleichsbeispiel 20

Zusammensetzung			Physikalische Eigenschaften	
Verbindung		Konz.	T(N,I)	= 33,0 °C
#	Abkürzung	/Massen-%	$n_e(20^{\circ}\text{C}, 589,3 \text{ nm})$	= 1,6010
1	PCH-5	19,0	$\Delta n(20^{\circ}\text{C}, 589,3 \text{ nm})$	= 0,1100
2	PCH-302	31,0	$\epsilon_{ }(20^{\circ}\text{C}, 1 \text{ kHz})$	= 9,5
3	PCH-304	31,0	$\Delta \epsilon(20^{\circ}\text{C}, 1 \text{ kHz})$	= 4,9
4	K15	<u>19,0</u>		
Σ		100,0	T(N,I)+4°	= 37,0 °C
			$\epsilon_{av.}(T(N,I)+4^{\circ})$	< 6,2

Vergleichsbeispiel 21

Zusammensetzung			Physikalische Eigenschaften		
Verbindung		Konz.	T(N,I)	=	50,0 °C
#	Abkürzung	/Massen-%	$\Delta\epsilon(20^{\circ}\text{C}, 1 \text{ kHz})$	<	0
1	PCH-302FF	26,0	$T(N,I)+4^{\circ}$ $\epsilon_{av.}(T(N,I)+4^{\circ})$	=	54,0 °C
2	PCH-502FF	26,0		<	2,0
3	CCP-V-1	15,0			
4	CC-5-V	19,0			
5	CCH-35	8,0			
6	BCH-32	<u>6,0</u>			
Σ		100,0			

Vergleichsbeispiel 22

Zusammensetzung			Physikalische Eigenschaften	
Verbindung		Konz.		
#	Abkürzung	/Massen-%		
1	PCH-302FF	26,0	$T(N,I)$	= 50,0 °C
2	PCH-502FF	26,0	$n_e(20^\circ\text{C}, 589,3 \text{ nm})$	= 1,5640
3	CCP-V-1	13,0	$\Delta n(20^\circ\text{C}, 589,3 \text{ nm})$	= 0,0821
4	CC-5-V	16,0	$\varepsilon_{ }(20^\circ\text{C}, 1 \text{ kHz})$	= 3,9
5	CCH-35	5,0	$\Delta\varepsilon(20^\circ\text{C}, 1 \text{ kHz})$	= -2,9
6	BCH-32	9,0	$T(N,I)+4^\circ$	= 54,0 °C
7	CCP-21FF	3,0	$\varepsilon_{av.}(T(N,I)+4^\circ)$	< 2,0
8	PCH-301	2,0		
Σ		100,0		

Patentansprüche

1. Elektrooptisches Lichtsteuerelement umfassend

- ein Substrat oder mehrere Substrate,
- eine Elektrodenanordnung,
- mindestens ein Element oder mehrere Elemente zur Polarisation des Lichts und
- ein Steuermedium,

dadurch gekennzeichnet, dass

- das Lichtsteuerelement bei einer Temperatur betrieben wird, bei der das Steuermedium im nicht angesteuerten Zustand in der isotropen Phase vorliegt und dass
- die Elektrodenanordnung ein elektrisches Feld mit einer signifikanten Komponente parallel zur Fläche des mesogenen Steuermediums erzeugen kann und dass
- das mesogene Steuermedium die folgende Bedingung (a) und mindestens eine der folgenden Bedingungen (b) und (c) und im Fall, dass es nur die Bedingung (c) erfüllt, mindestens eine der beiden weiteren folgenden Bedingungen (e) und (f) erfüllt
 - (a) die dielektrische Suszeptibilität des Steuermediums bei einer Temperatur von 4 Grad oberhalb des Klärpunkts beträgt 25 oder mehr,
 - (b) die Klärenthalpie des Steuermediums beträgt 0,78 J/g oder weniger oder
 - (c) die Klärenthalpie des Steuermediums beträgt 1,50 J/g oder weniger und
 - (d) die dielektrische Suszeptibilität des Steuermediums bei einer Temperatur von 4 Grad oberhalb des Klärpunkts beträgt 27 oder mehr, mit der Maßgabe, dass Lichtsteuerelemente enthaltend Steuermedien, die 8%, 10% oder 12% der Verbindung UVZG-3-N enthalten ausgeschlossen sind oder
 - (e) die dielektrische Suszeptibilität des Steuermediums bei einer Temperatur von 4 Grad oberhalb des Klärpunkts beträgt 35,5 oder der mehr,

mit der Maßgabe, dass Lichtsteuerelemente
enthaltend Steuermedien mit einer der beiden
folgenden Zusammensetzungen 1 und 2

Zusammensetzung 1			Zusammensetzung 2		
Verbindung		Konz. / %	Verbindung		Konz. / %
#	Abkürzung		#	Abkürzung	
1	UZU-3A-N	12,0	1	UM-3-N	10,0
2	UZU-5A-N	12,0	2	PYP-3N.F.F	15,0
3	GZU-3A-N	12,0	3	UZU-3A-N	12,0
4	GZU-4A-N	11,0	4	GZU-3A-N	12,0
5	GZU-4O-N	10,0	5	GZU-4-N	1,0
6	UVZG-3-N	10,0	6	GZU-4O-N	10,0
7	CUZU-2-N	10,0	7	UVZG-3-N	10,0
8	CUZU-3-N	10,0	8	CUZU-2-N	10,0
9	CUZU-4-N	10,0	9	CUZU-3-N	10,0
10	HP-5N.F	3,0	10	HP-3N.F	10,0

ausgeschlossen sind, wobei die Abkürzungen für die Verbindungen
die im Text der Anmeldung gegebene Bedeutung haben.

2. Lichtsteuerelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
 - die Klärenthalpie des mesogenen Steuermediums 1,10 J/g oder weniger beträgt.
3. Lichtsteuerelement nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass
 - die Klärenthalpie des mesogenen Steuermediums 0,70 J/g oder weniger beträgt.
4. Lichtsteuerelement nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass

- die dielektrische Suszeptibilität des Steuermediums bei einer Temperatur von 4 Grad oberhalb des Klärpunkts 40 oder mehr beträgt.

5 5. Lichtsteuerelement nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass

- die dielektrische Suszeptibilität des Steuermediums bei einer Temperatur von 4 Grad oberhalb des Klärpunkts 55 oder mehr beträgt.

10

6. Lichtsteuerelement nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass

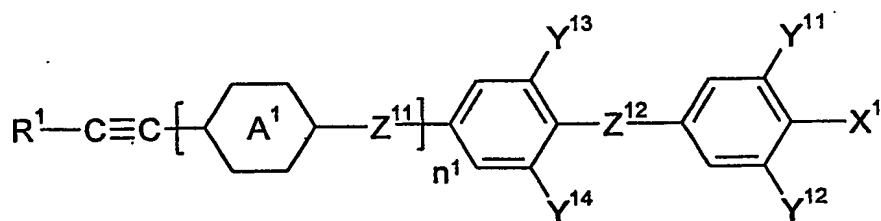
- die optische Anisotropie bei einer Temperatur von 4 Grad unterhalb des Klärpunkts 0,080 oder mehr beträgt.

15

7. Lichtsteuerelement nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass

20

das mesogene Steuermedium eine oder mehrere Verbindungen der Formel I enthält,



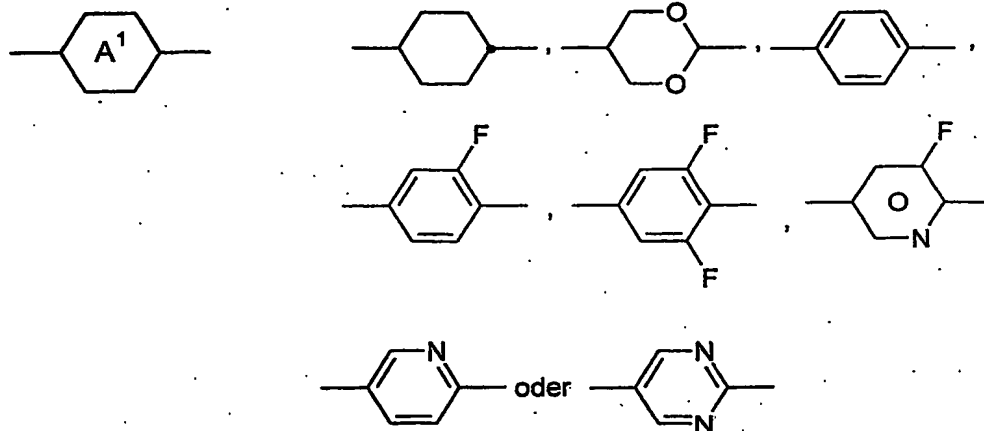
25

worin

30

R^1 Alkyl mit 1 bis 7 C-Atomen oder Oxaalkyl mit 2 bis 7 C-Atomen,

35



Z^{11} und Z^{12} jeweils voneinander unabhängig, eine Einfachbindung, -CO-O-, trans -CH=CH-, -CH=CF-, -CF=CH-, -CF=CF-, -CH=CH-CO-O-, -CF=CF-CO-O-, -CF=CH-CO-O-, -CH=CF-CO-O-, -CF₂-O-, -O-CF₂- oder -C≡C- oder eine Kombination von zwei oder mehreren dieser Gruppen,

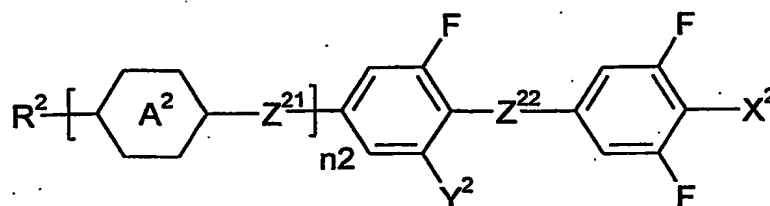
X^1 F, Cl, NO₂, -OCF₃, -CF₃, -OCF₂H, Cl, CN, -C≡C-CN oder NCS,

Y^{11} , Y^{12} , Y^{13} und Y^{14} , jeweils unabhängig voneinander, H oder F und

n^1 0 oder 1 bedeuten.

8. Lichtsteuerelement nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass

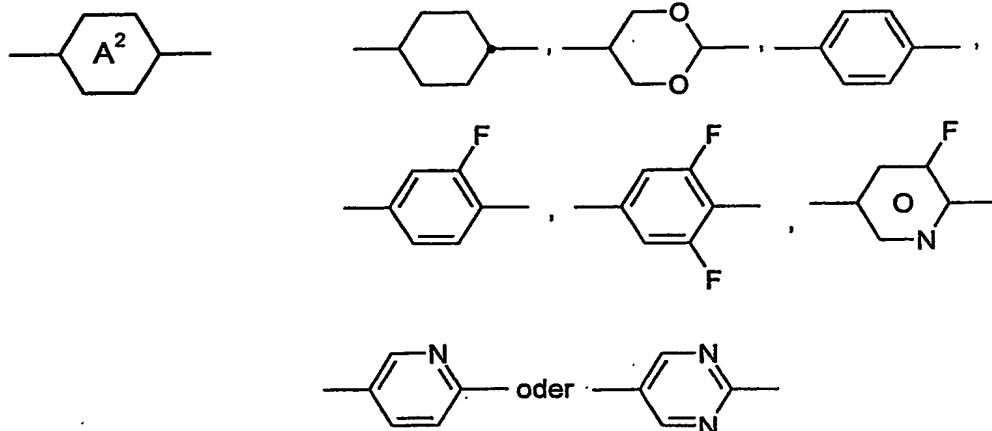
das mesogene Steuermedium eine oder mehrere Verbindungen der Formel II enthält,



II

worin

R^2 Alkyl oder Alkoxy mit 1 bis 7 C-Atomen, Alkenyl,
Alkenyloxy oder Oxaalkyl mit 2 bis 7 C-Atomen,



Z^{21} und Z^{22} jeweils voneinander unabhängig, eine Einfachbindung
-CO-O-, trans -CH=CH-, -CH=CF-, -CF=CH-, -CF=CF-,
-CH=CF-CO-O-, -CF₂-O-, -O-CF₂- oder -C≡C- oder eine
Kombination von zwei oder mehreren dieser Gruppen,

X^2 F, Cl, NO₂, -OCF₃, -CF₃, -OCF₂H, Cl, CN, -C≡C-CN oder
NCS,

Y^2 H oder F und

n^2 0 oder 1 bedeuten.

9. Lichtsteuerelement nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, dass

- das Medium neben den Verbindungen der Formeln I und/oder II
eine oder mehrere weitere mesogene Verbindungen enthält.

10. Lichtsteuerelement nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das mesogene SteuermEDIUM
- 5% bis 80 einer oder mehrerer Verbindungen der Formel I und/oder
 - 5% bis 95% einer oder mehrerer Verbindungen der Formel II und/oder
 - 0% bis 30% einer oder mehrerer weiterer mesogenen Verbindungen
- enthält.
11. Elektrooptische Anzeige enthaltend ein oder mehrere Lichtsteuerelemente nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 10.
12. Elektrooptische Anzeige nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzeige mittels einer aktiven Matrix angesteuert wird.
13. Elektrooptisches Anzeigesystem enthaltend eine oder mehrere elektrooptische Anzeigen nach mindestens einem der Ansprüche 11 und 12.
14. Elektrooptisches Anzeigesystem nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass es als Fernsehbildschirm, als Computermonitor oder als beides verwendet werden kann.
15. Verwendung eines Lichtsteuerelements nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 10, zur Darstellung von Information.
16. Verwendung einer elektrooptischen Anzeige nach mindestens einem der Ansprüche 11 und 12, in einem elektrooptischen Anzeigesystem.
17. Verwendung eines elektrooptischen Anzeigesystems nach mindestens einem der Ansprüche 13 und 14, zur Darstellung von Videosignalen oder von digitalen Signalen.

18. Medium dadurch gekennzeichnet, dass es die folgende Bedingung (a) und mindestens eine der beiden weiteren folgenden Bedingungen (b) und (c) erfüllt

- (a) die Klärenthalpie des Steuermediums beträgt 1,50 J/g oder weniger und
- (b) die dielektrische Suszeptibilität des Steuermediums bei einer Temperatur von 4 Grad oberhalb des Klärpunkts beträgt 27 oder mehr, mit der Maßgabe, dass Medien, die 8%, 10% oder 12% der Verbindung UVZG-3-N enthalten ausgeschlossen sind oder
- (c) die dielektrische Suszeptibilität des Mediums bei einer Temperatur von 4 Grad oberhalb des Klärpunkts beträgt 35,5 oder der mehr, mit der Maßgabe, dass Medien mit einer der beiden folgenden Zusammensetzungen 1 und 2, der Vergleichsbeispiele 3 und 4.

Zusammensetzung 1			Zusammensetzung 2		
Verbindung #	Abkürzung	Konz. / %	Verbindung #	Abkürzung	Konz. / %
1	UZU-3A-N	12,0	1	UM-3-N	10,0
2	UZU-5A-N	12,0	2	PYP-3N.F.F	15,0
3	GZU-3A-N	12,0	3	UZU-3A-N	12,0
4	GZU-4A-N	11,0	4	GZU-3A-N	12,0
5	GZU-4O-N	10,0	5	GZU-4-N	1,0
6	UVZG-3-N	10,0	6	GZU-4O-N	10,0
7	CUZU-2-N	10,0	7	UVZG-3-N	10,0
8	CUZU-3-N	10,0	8	CUZU-2-N	10,0
9	CUZU-4-N	10,0	9	CUZU-3-N	10,0
10	HP-5N.F	3,0	10	HP-3N.F	10,0

ausgeschlossen sind, wobei die Abkürzungen für die Verbindungen die in der Anmeldung Text gegebene Bedeutung haben.

19. Medium nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass es eine Klärenthalpie von 1,00 J/g oder weniger aufweist.

20. Medium nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass es eine Klärenthalpie von 0,80 J/g oder weniger aufweist.
- 5 21. Medium nach mindestens einem der Ansprüche 18 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die dielektrische Suszeptibilität des Mediums bei einer Temperatur von 4 Grad oberhalb des Klärpunkts 40 oder mehr beträgt.
- 10 22. Medium nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass die dielektrische Suszeptibilität des Mediums bei einer Temperatur von 4 Grad oberhalb des Klärpunkts 55 oder mehr beträgt.
- 15 23. Medium nach mindestens einem der Ansprüche 18 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass es einen Klärpunkt im Bereich von -30°C bis 80°C aufweist.
- 20 24. Medium nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass es einen Klärpunkt im Bereich von 0°C bis 45°C aufweist.
- 25 25. Medium nach mindestens einem der Ansprüche 18 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass die optische Anisotropie des Mediums bei einer Temperatur von 4 Grad unterhalb des Klärpunkts 0,080 oder mehr beträgt.
- 30 26. Medium nach mindestens einem der Ansprüche 18 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass es eine oder mehrere Verbindungen der Formel I, wie in Anspruch 7 gegeben, enthält.
- 35 27. Medium nach mindestens einem der Ansprüche 18 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass es eine oder mehrere Verbindungen der Formel II, wie in Anspruch 7 gegeben, enthält.
28. Medium nach mindestens einem der Ansprüche 18 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass es neben den Verbindungen der Formeln I und/oder II eine oder mehrere weitere mesogene Verbindungen enthält.

29. Medium nach mindestens einem der Ansprüche 18 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass das Medium

- 5
- 5% bis 80 einer oder mehrerer Verbindungen der Formel I und/oder
 - 5% bis 95% einer oder mehrerer Verbindungen der Formel II und/oder
 - 0% bis 30% einer oder mehrerer weiterer mesogener Verbindungen
- 10

enthält.

15

20

25

30

35

Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein elektrooptisches Lichtsteuerelement, solche Elemente enthaltende elektrooptische Anzeigen und Anzeigesysteme wie beispielsweise Fernsehbildschirme und Computermonitore, sowie die verwendeten Steuermedien. Die erfindungsgemäßen Lichtsteuerelemente enthalten ein mesogenes Steuermedium, das beim Betrieb der Lichtsteuerelemente in der isotropen Phase vorliegt und sind neben einem guten Kontrast, einer geringen Blickwinkelabhängigkeit und sehr kurze Schaltzeiten besonders durch relativ niedrige Ansteuerspannungen ausgezeichnet. Die erfindungsgemäßen Steuermedien zeichnen sich durch eine Kombination einer großen dielektrischen Suszeptibilität in der isotropen Phase mit einer kleinen Klärenthalpie aus. Bei einer Temperatur von 4° oberhalb der Klärtemperatur beträgt die dielektrische Suszeptibilität 25 oder mehr und die Klärenthalpie von 1,50 J/g oder weniger, wobei die Klärenthalpie 0,78 J/g oder weniger beträgt oder die dielektrische Suszeptibilität 27 oder mehr beträgt, mit der Maßgabe, dass Medien die 8%, 10% oder 12% der Verbindung UVZG-3-N, wie im Text beschrieben, enthalten ausgeschlossen sind oder die dielektrische Suszeptibilität 35,5 oder mehr beträgt, mit der Maßgabe, dass die Medien der Vergleichsbeispiele 3 und 4 ausgeschlossen sind.

Beschreibung der Abbildungen

Abbildung 1: Die Abbildung zeigt schematisch im Querschnitt den Aufbau eines Schaltelements oder eines Teils eines Schaltelements gemäß der vorliegenden Anmeldung. Zwischen den inneren Oberflächen der Substrate (1) und (1') befindet sich das Steuermedium (2). Auf der inneren Oberfläche des einen Substrats (1) befinden sich die beiden Elektroden (3) und (4) der Elektrodenstruktur, die mit voneinander verschiedenen Potentialen beaufschlagt werden können. Vop bezeichnet die Spannungs-, Ladungs- bzw. Stromquelle. Die von Vop ausgehenden Linien symbolisieren die elektrischen Zuleitungen zu den Elektroden.

Liste der Bedeutung der Bezugszeichen der Abbildungen:

- 1 : Oberfläche des ersten Substrats,
- 5 1' : Oberfläche des 2. Substrats,
- 2 : Steuerschicht,
- 3 : Leitfähige Schicht der Elektrodenstruktur, die mit dem 1. Potential
10 beaufschlagt werden kann,
- 4 : Leitfähige Schicht der Elektrodenstruktur, die mit dem 2. Potential
beaufschlagt werden kann,
- 15 Vop : Spannungs-, Ladungs- bzw. Stromquelle

20

25

30

35

